

L'INDUSTRIE DE LA CHAUX ET DU CIMENT

SOMMAIRE

- Histoire de la chaux
- Fabrication de la chaux
- Utilisation de la chaux

- Histoire du ciment
- Fabrication du ciment
- Utilisation du ciment

HISTOIRE DE LA CHAUX

Histoire de la chaux

Les origines de la chaux ne sont pas précisément datées mais la chaux naturelle est sans aucun doute le liant le plus riche en histoire. Elle a d'ailleurs donné son nom au calcaire, qui vient du latin calcarius, « qui contient de la chaux »

Histoire de la chaux

Il y a 14 000 ans, la chaux a été peu à peu apprivoisée et maîtrisée par les hommes. Elle a accompagnée voire remplacée l'usage de la terre argileuse. La découverte de fondations en chaux en Turquie orientale a prouvé que cette matière y était déjà utilisée.

Histoire de la chaux

3000 ans avant JC, l'Égypte ancienne y a eu recours pour tanner les peaux et édifier de nombreuses Pyramides, utilisant la chaux comme liant à maçonner, à enduire et aussi pour composer des blocs de calcaire ré-agglomérés

Histoire de la chaux

Mais c'est indubitablement la civilisation grecque et l'Empire romain à partir du 1er siècle de notre ère, qui ont permis à la chaux de connaître son heure de gloire

Histoire de la chaux

Les Celtes fertilisaient aussi leurs champs en y répandant de la chaux.

Les Grecs utilisaient les couleurs de la chaux pour embellir leurs fresques

Histoire de la chaux



Colisée à Rome, monté au 1er siècle de notre ère, par des mortiers de Chaux coulés entre des parements de pierres, plus rapide, résistant et économique

Histoire de la chaux



Les Thermes colossaux de Caracalla à Rome érigés au 2ème siècle, la Chaux permis de rendre possible ce complexe

Histoire de la chaux

Bouleversant ainsi les règles de portée, on a inventé de nouvelles formes de design et d'infrastructures aussi immenses que révolutionnaires, comme les aqueducs avec leurs arcs et voûtes, les coupoles, les thermes, les colisées, les routes pavés, les réservoirs...etc.

Ce procédé était considéré comme cinq fois plus rapide que la construction en pierre de taille, peu onéreuse (Chaux, sable, cailloutages).

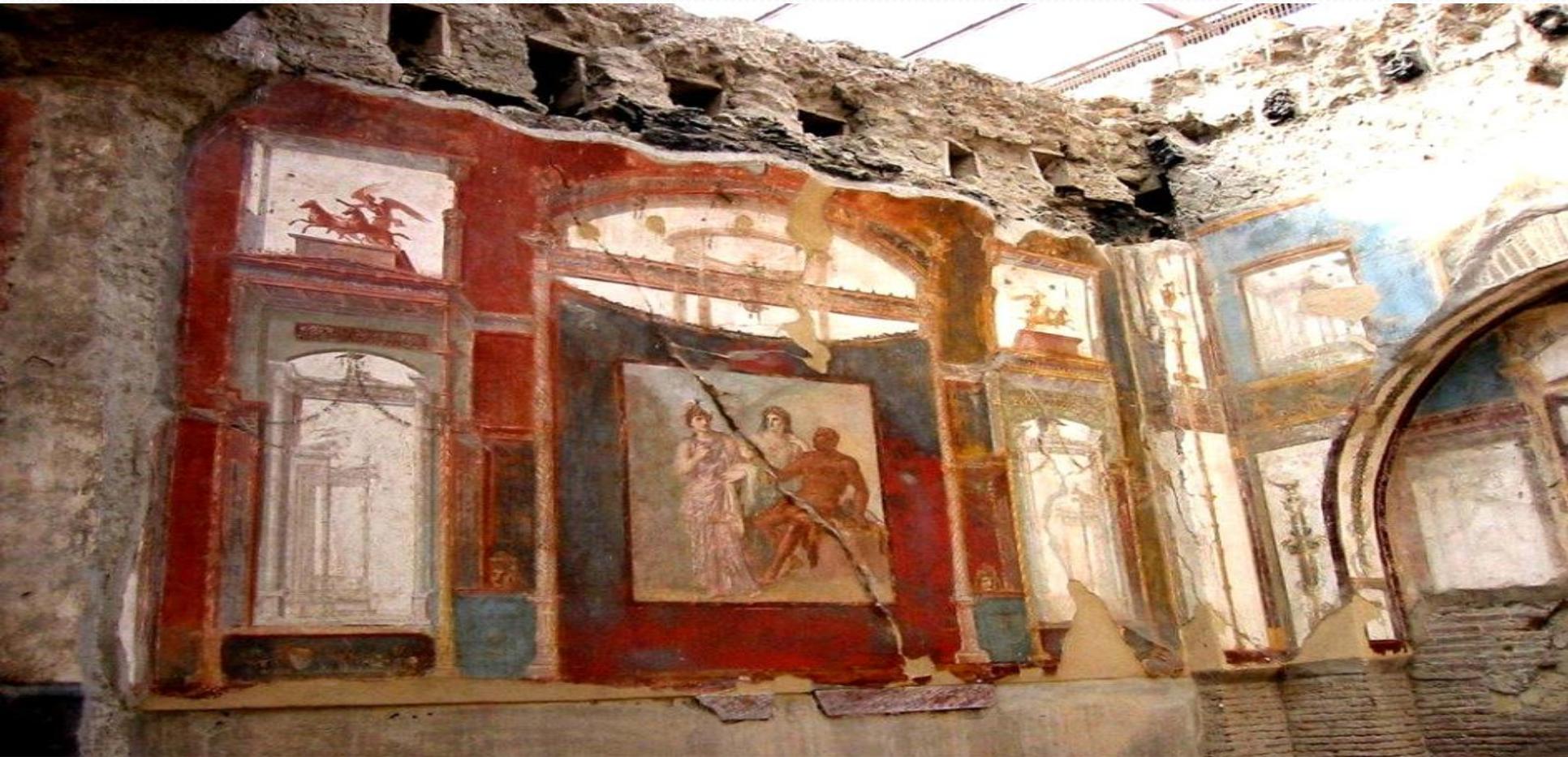
Histoire de la chaux



Histoire de la chaux

C'est surtout à l'**Epoque gréco-romaine**, que la Chaux a été perfectionnée et servie aussi dans des procédés décoratifs innovants, avec de nombreuses techniques plus ou moins élaborées (badigeons, enduits, fresques, mosaïques et pavements décoratifs).

Histoire de la chaux



Fresques scénographiques du Hall du Siège des Augustaux d'Herculaneum (ville italienne détruite par l'éruption du Vésuve)

Histoire de la chaux



Ruines des maisons à terrasses de la célèbre Cité d'Ephèse (Turquie cote ouest), richement décorées du sol au plafond

Histoire de la chaux

C'est au **Moyen-âge**, que se sont développés les véritables Fours à Chaux en cheminée maçonnée que l'on retrouve aujourd'hui, plus performants et à la capacité de production décuplée et surveillée par une personne nommée: *le Chauffournier*

S'en suit en France comme ailleurs, un développement régionalisé de la Chaux en concomitance avec le besoin de construire pour se fortifier (châteaux-forts, remparts) comme pour rendre gloire (cathédrales, basiliques)

FABRICATION DE LA CHAUX

Fabrication de la chaux

- La **chaux** est obtenue par la calcination d'un calcaire. Sa composition principale est le carbonate de calcium. Cuite à haute température (environ 800°), la roche calcaire se transforme en "chaux vive" qui deviendra "éteinte" par l'adjonction d'eau. Cette **chaux** dite "naturelle" mélangée à du sable et de l'eau formera un mortier

Fabrication de la chaux

Les fours à chaux étaient d'imposants fours, de forme cylindrique et avaient une large paroi intérieure le plus souvent revêtue de briques. Grâce à la pierre calcaire qui était réduite en petits morceaux, on pouvait réaliser de la chaux. Le four était alimenté par son ouverture située en haut (appelée le « gueulard ») dont une rampe permettait le plus souvent l'accès. Les chauffourniers alternaient les lits de pierre et de charbon pour le remplir au maximum, et du bois était apporté au pied du bâtiment pour assurer la mise à feu. Le chauffournier devait alors toujours maintenir une température entre 800 °C et 1 000

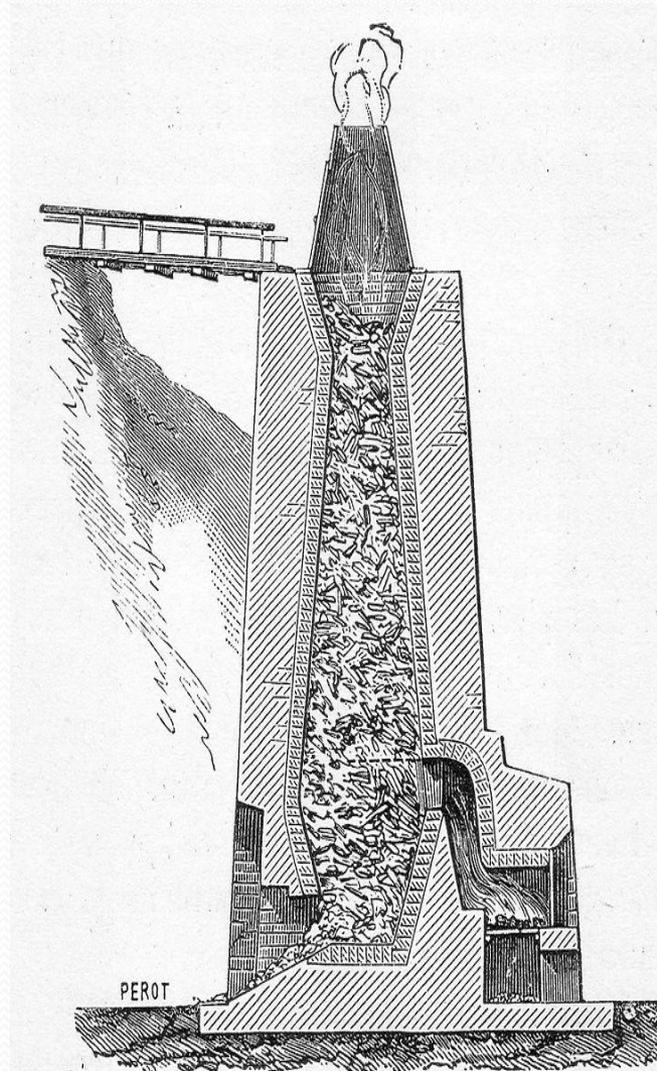


Fig. 78. — Four à chaux.

Fabrication de la chaux

Tout en gardant le four rempli au maximum en le réapprovisionnant en pierre calcaire il devait également entretenir le feu. Une fois la cuisson faite, la chaux était récupérée grâce à une ouverture basse du four appelée l'« *ouvreau* ». La chaux vive était alors éteinte dans une fosse adjacente à l'aide d'une grande quantité d'eau, le plus souvent à l'aide de canalisations provenant d'une **rivière** voisine. La chaux éteinte était par la suite placée dans des **barils** avant d'être utilisée en **maçonnerie**

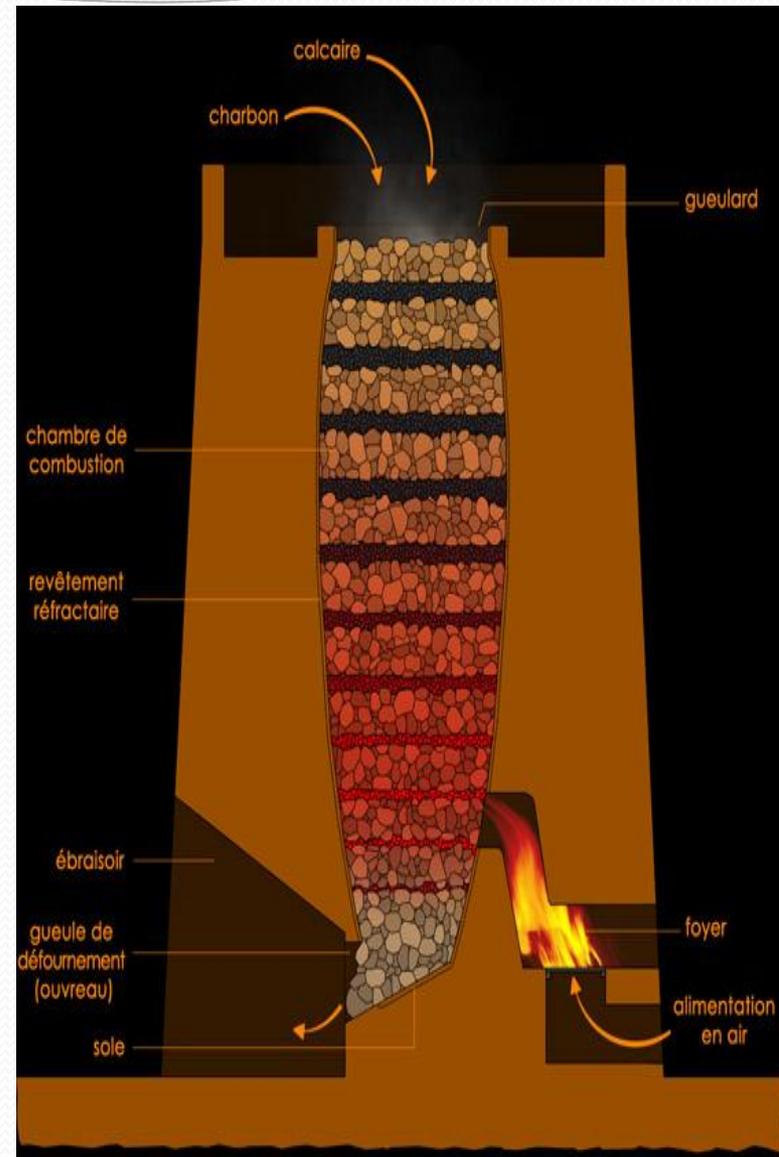


Fig. 78. — Four à chaux.

Fabrication de la chaux



Four à Chaux « , situé à la sortie du village, d'Aramon au pied du massif des Castillonnes. Ce four construit en 1828 a été restauré en 2013

Fabrication de la chaux

LES FOURS À CHAUX OU «CHAUFOURS»

UN BRIN D'HISTOIRE

Le four que vous voyez ici a été construit en 1828. Le site était particulièrement fonctionnel car on y trouvait les trois éléments indispensables :

- Le calcaire utile est en quantité abondante
- Le bois de la garrigue
- L'eau destiné à éteindre la chaux vive produite.

Si l'on savait produire de la chaux de longue date (revêtement de l'aqueduc du pont du Gard par exemple), ce n'est qu'à la fin du XVIII^{ème} siècle que la technique s'est améliorée avec la mise au point de four à combustion continue.

Le Chauffournier était, dans la production de la chaux vive, l'ouvrier conducteur de four à chaux. Il faisait fonctionner le four sans interruption.

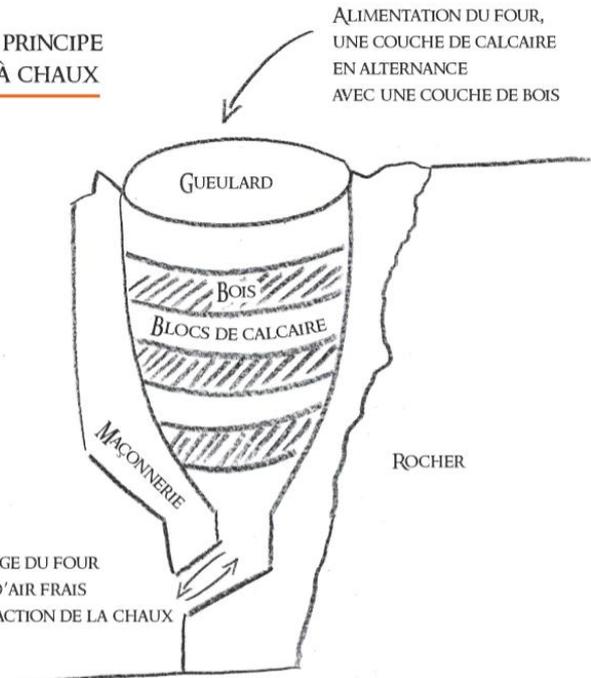
Pour cela, il utilisait la technique par empilement : il alternait pierres et couches de combustible. Ici, on utilisait probablement le bois ou le charbon de bois.

Il allumait des fagots en bas du four. Le feu se propageait alors au bois qui chauffait la pierre. Un courant d'air était créé par ce tirage, la combustion se propageait aux couches supérieures. Les pierres contenues dans le four descendaient alors par gravité au rythme des tirages et de la combustion du bois. Elles mettaient ainsi 3 à 4 jours pour aller du haut vers le bas du four.

Les pierres calcinées étaient retirées à la base du four, avec des crochets. La chaux vive était chargée dans des tombereaux ou dans des brouettes, avant d'être éteinte dans des bassins remplis d'eau situés à proximité.

Avec la découverte du ciment dans la 2^{ème} moitié du XIX^{ème} siècle et sa production industrielle en début de XX^{ème} siècle la chaux perdit sa prédominance dans le bâtiment.

SCHEMA DE PRINCIPE D'UN FOUR À CHAUX



La restauration de ce four à chaux a été réalisée par l'association "Passe Muraille" dans le cadre des chantiers d'insertion menés par la commune, et achevée en Mai 2013. Ce panneau a été conçu et posé par les soins de l'Office de la Culture et du Patrimoine d'Aramon en Avril 2018.

Tél. : 04 66 62 97 28 Email : ocparamon@free.fr



Fabrication de la chaux



Vestiges d'un ancien four à chaux dans le massif du Garlaban

Fabrication de la chaux



Four à chaux dans le Cher

Fabrication de la chaux



Vallon de la Panouse, Marseille. Fours à chaux restaurés

Fabrication de la chaux



Vallon de la Panouse, Marseille. Intérieur d'un four

Fabrication de la chaux



Four à chaux dans le Cher

Fabrication de la chaux

Le principe du **four vertical** n'a pas vraiment changé depuis lors.

Pour obtenir les températures les plus élevées possibles à moindre frais, on confine le calcaire dans une enceinte, souvent en brique, avec du charbon ou tout autre combustible.

A la sortie du processus, on obtient la chaux vive.

Les poussières de chaux et la chaux éteinte sont ensuite récupérées pour l'industrie, l'agriculture et le bâtiment



Fabrication de la chaux



Usine moderne en Mayenne

UTILISATION DE LA CHAUX

Utilisation de la chaux

La chaux aérienne ou grasse

La chaux aérienne est obtenue à partir de calcaire très pur, une tolérance de 5% d'impuretés argileuse est tolérée. Elle est employée principalement dans la réalisation de finitions intérieures ou les peintures .

Elle durcit lentement au contact de l'air. Sa prise à l'air par carbonatation fait d'elle la chaux particulièrement adaptée aux milieux secs.

Elle est recommandée pour les murs anciens en pierre ou en terre à l'intérieur

Utilisation de la chaux

La chaux hydraulique

La chaux hydraulique est constituée à base d'aluminates, de silicates et d'hydroxyde de calcium et contient entre 5 et 30% d'argile. Elle est principalement utilisée pour les gros enduits ou la maçonnerie.

La chaux hydraulique est moins plastique que la chaux aérienne

La chaux hydraulique a une prise plus rapide que la chaux aérienne, elle sèche rapidement

Elle s'utilise pour sa solidité et sa résistance aux chocs en extérieur, mais aussi en intérieur pour des pièces humides (salle de bain, cave,...) et des murs enterrés

Utilisation de la chaux



Utilisation de la chaux



Utilisation de la chaux



Utilisation de la chaux



Utilisation de la chaux



HISTOIRE DU CIMENT

Histoire du ciment

En 1796, James Parker a découvert sur l'île de Shelley, en Grande-Bretagne, le Ciment prompt (une chaux éminemment hydraulique ou ciment naturel à prise rapide, cuit à 900 °C comme les chaux naturelles ordinaires) qui a été baptisé commercialement Ciment romain

Histoire du ciment

.. En 1817, le Français **Louis Vicat** a expliqué le principe d'hydraulicité des chaux (capacité d'un matériau à faire prise en présence d'eau) et publié ses travaux sans prendre de brevet.

En 1812, en charge du pont de Souillac sur la Dordogne, il a travaillé à la mise au point d'un nouveau mortier qui prend le nom de **Ciment**.

En 1829, Louis Vicat a réalisé un **pont suspendu** en ciment, au dessus de la Corrèze, à Argentat, qui a démontré la qualité de son matériau.

Histoire du ciment



pont de Souillac sur la Dordogne



Pont suspendu à Argentat



L'AN 1812
A ETE COMMENCEE LA CONSTRUCTION
DE CE PONT SOUS LA DIRECTION
DE
LOUIS VICAT
INGENIEUR DES PONTS & CHAUSSEES
QUI A LE PREMIER ETABLI LA THEORIE
ET MIS AU POINT LA FABRICATION DES
CHAUX HYDRAULIQUES ARTIFICIELLES

Histoire du ciment

En 1824, le Britannique Joseph Aspdin a déposé un brevet pour la fabrication d'une chaux hydraulique à prise rapide qu'il a appelé le « ciment Portland », car la couleur de son produit ressemblait aux célèbres pierres des carrières de la péninsule de « Portland » situées dans le sud de l'Angleterre.

Histoire du ciment

Mais il a fallu attendre 1840, et toujours par Louis Vicat la découverte du Clinker pour obtenir du ciment (dits aujourd'hui ciments Portland)

Pour obtenir ce Clinker il faut :

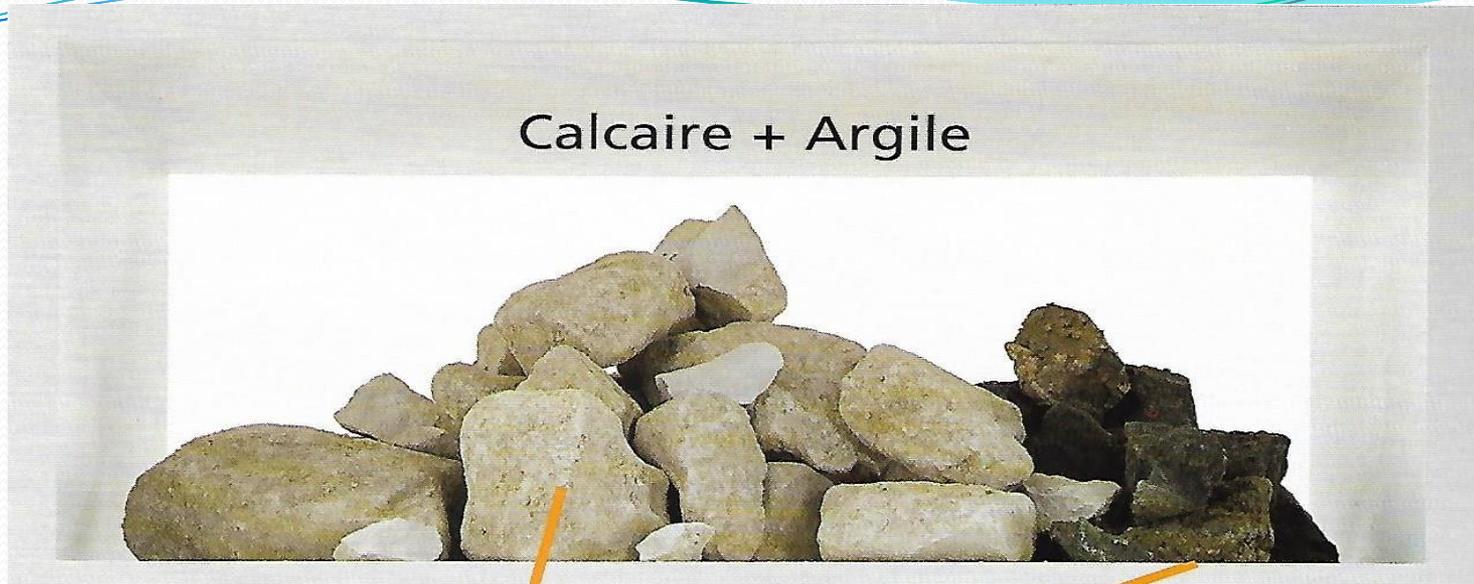
- une température de cuisson de $1\,450\text{ }^{\circ}\text{C}$
- une précision et une régularité dans le mélange calcaire-argile
- une finesse correcte du mélange

Histoire du ciment

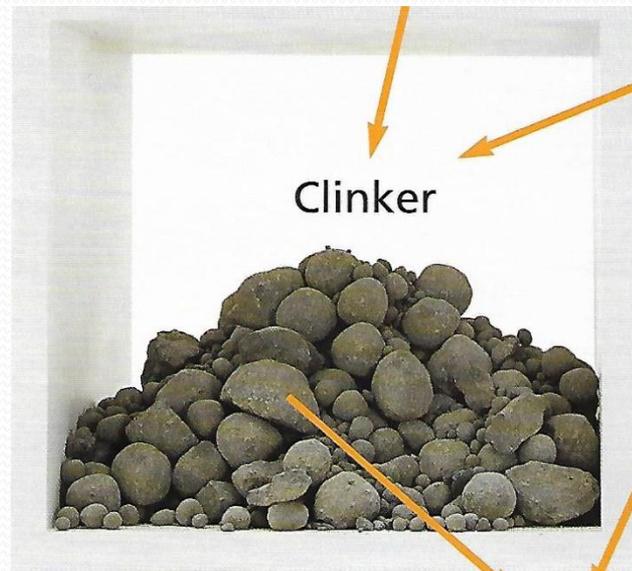
La première usine de ciment a été créée par Dupont et Demarle en 1846 à Boulogne-sur-Mer (Ciments Français). Le développement n'a pu se faire que grâce à l'apparition de matériels nouveaux, comme le four rotatif et le broyeur à boulets. Les procédés de fabrication ont sans cesse été perfectionnés. La fabrication du clinker est passée de quelques dizaines de tonnes par jour à plus de 10000 tonnes aujourd'hui

FABRICATION DU CIMENT

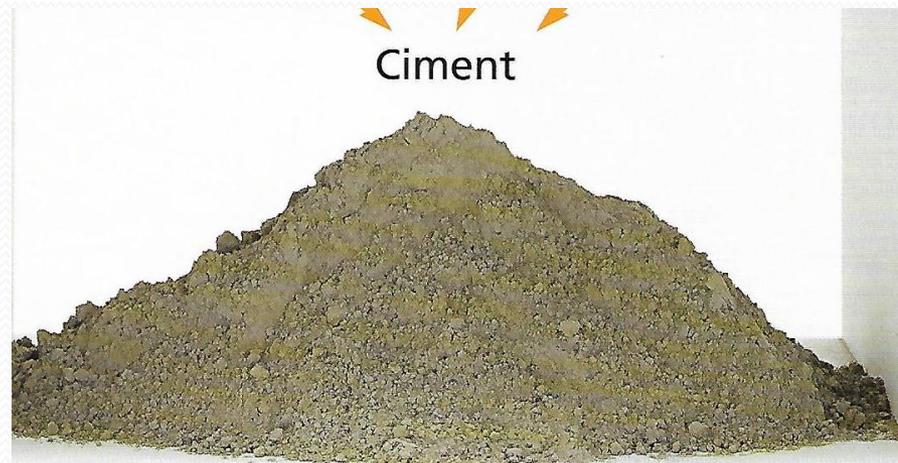
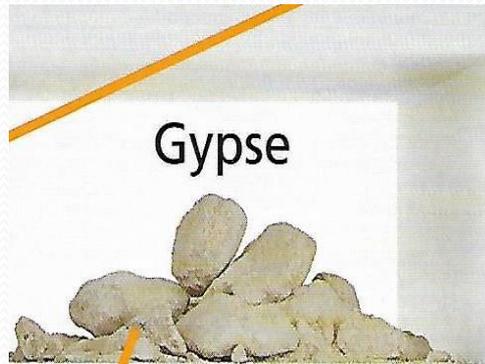
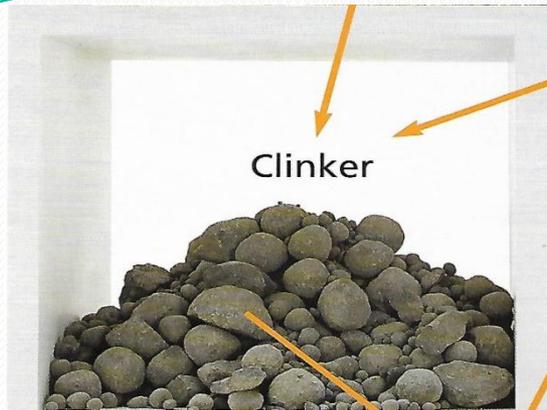
Fabrication du ciment



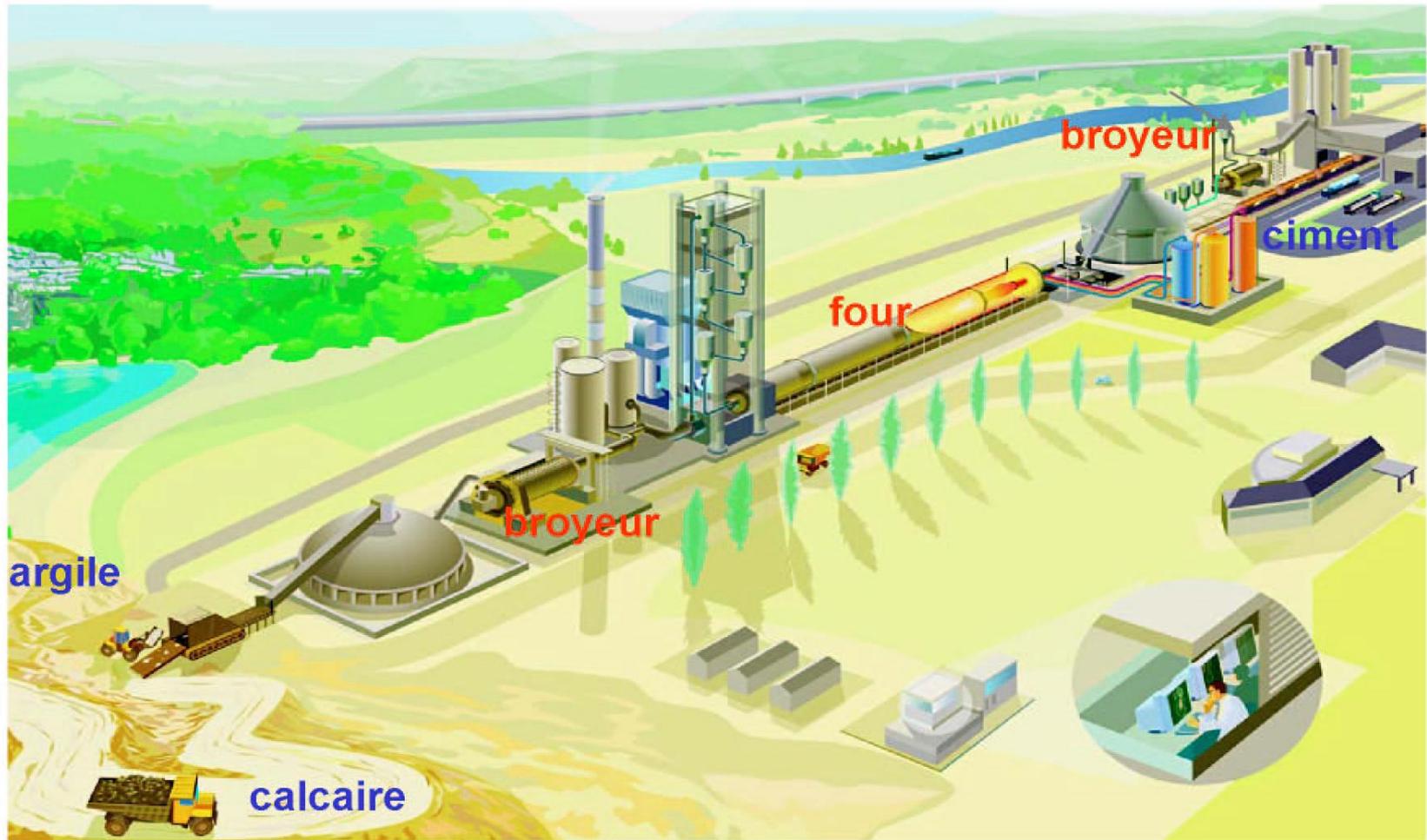
CHAUFFE à **1450 °C**



Fabrication du ciment



Fabrication du ciment



Fabrication du ciment

1. Extraction et préparation des matières premières
2. Séchage et broyage des matières premières pour obtenir le **cru** (appelé communément **Farine**)
3. Cuisson de la farine pour obtenir du **clinker**
4. Broyage du clinker pour obtenir le **ciment**
5. Expéditions des **ciments**

Extraction et préparation des matières premières



Extraction et préparation des matières premières



Extraction et préparation des matières premières



Usine d'Hagondange (Moselle)

Extraction et préparation des matières premières



Photo: Poux Victor

Chargement du calcaire en carrière

Extraction et préparation des matières premières



Carrière de Bussac

Extraction et préparation des matières premières



Concasseur de Bussac

Extraction et préparation des matières premières



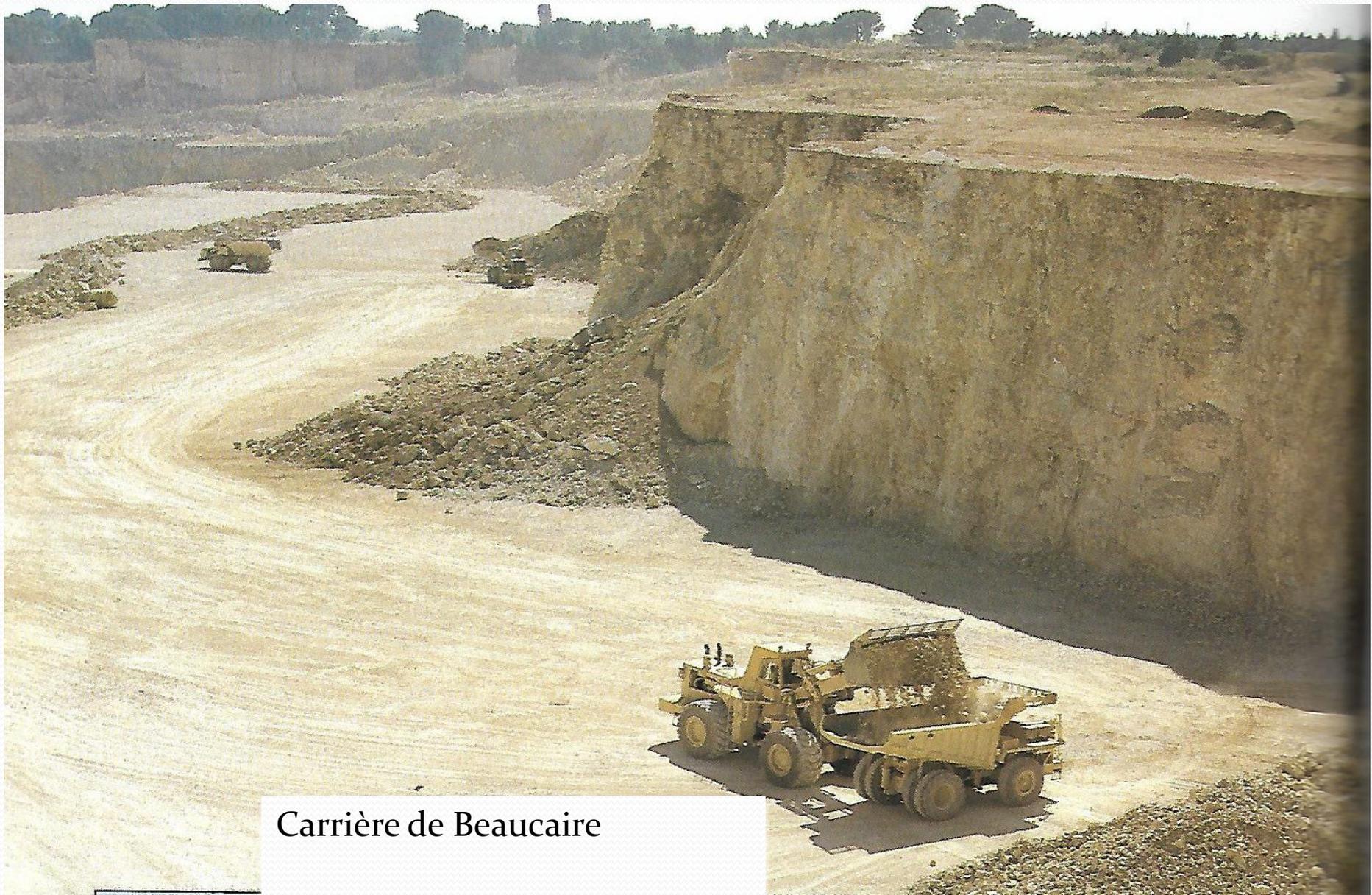
Carrière de Beffes

Extraction et préparation des matières premières



Carrière de Beaucaire

Extraction et préparation des matières premières



Carrière de Beaucaire

Extraction et préparation des matières premières



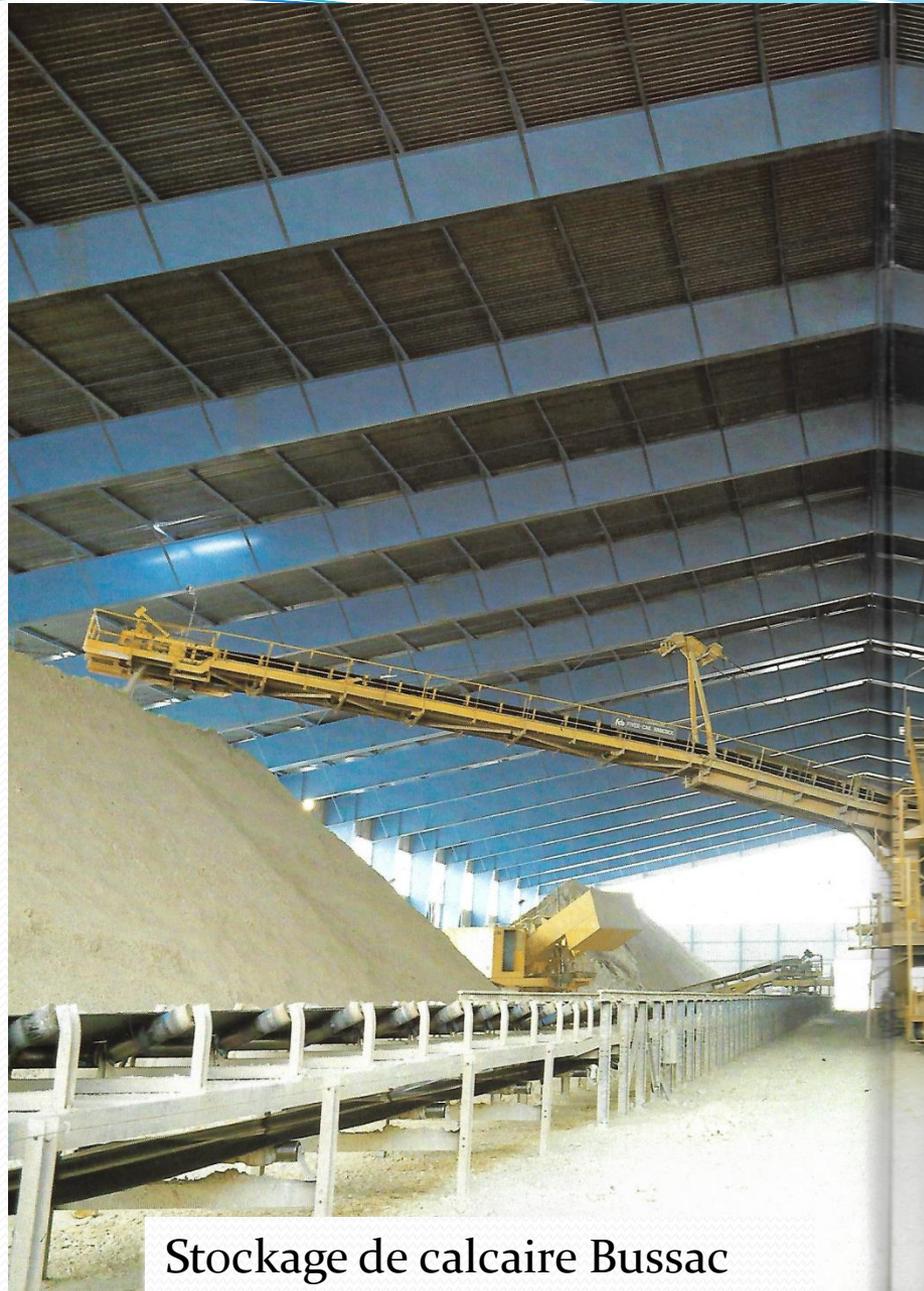
Carrière de Beaucaire

Extraction et préparation des matières premières



Stockage d'argile par stacker Bussac

Extraction et préparation des matières premières



Stockage de calcaire Bussac

Fabrication du ciment

1. Extraction et préparation des matières premières
2. Séchage et broyage des matières premières pour obtenir le **cru** (appelé communément **Farine**)
3. Cuisson de la farine pour obtenir du **clinker**
4. Broyage du clinker pour obtenir le **ciment**
5. Expéditions des **ciments**

Séchage et broyage

CALCAIRE .
65 %



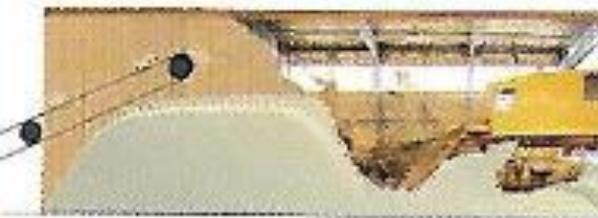
ARGILE
31 %



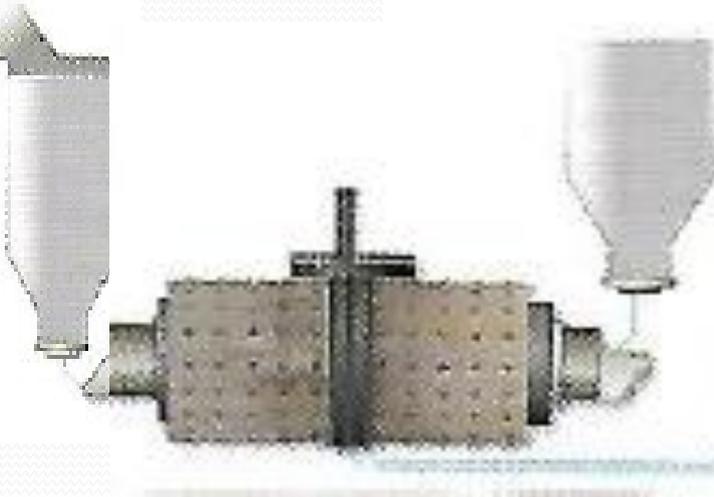
BAUXITE
3 %



SCORIES
DE FER 1 %



Stockage des matières premières

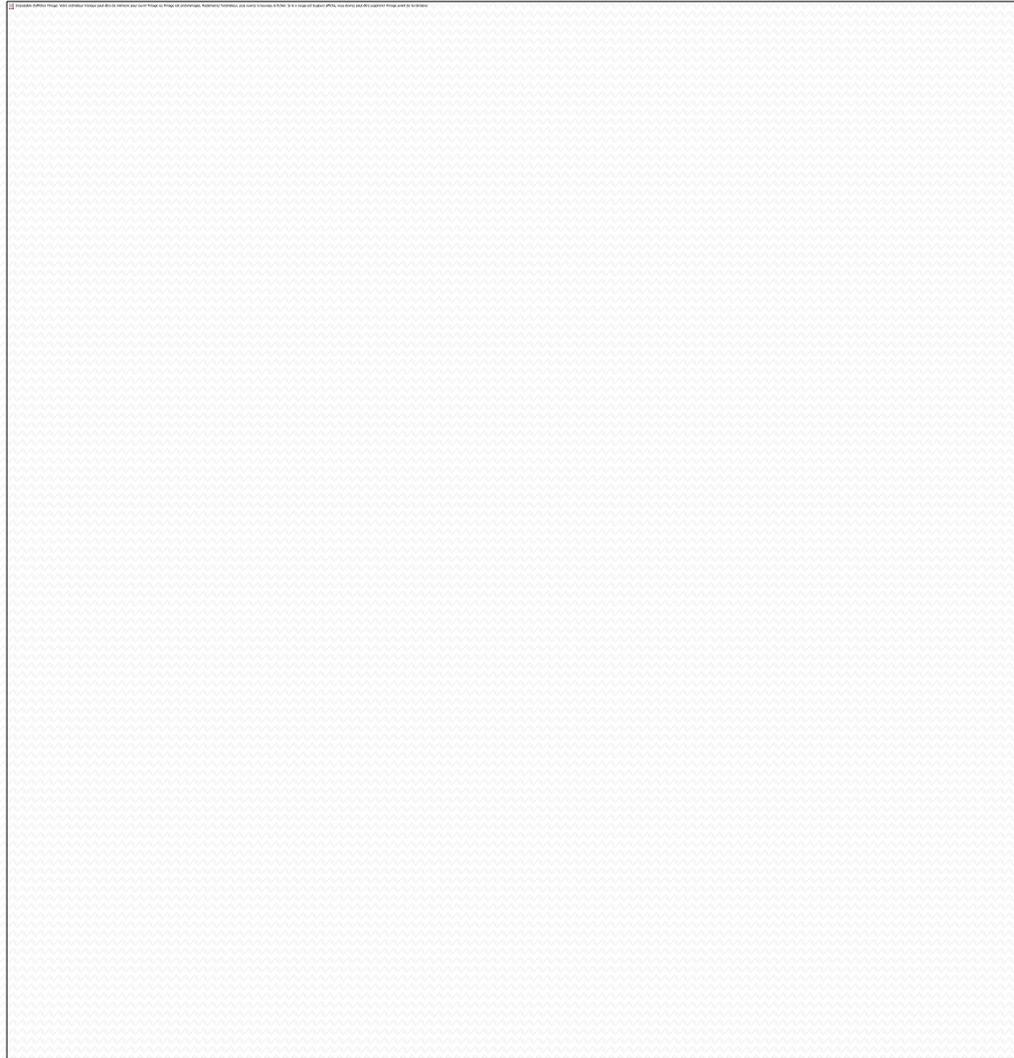


Broyage



Stockage du cru (farine)

Séchage et broyage

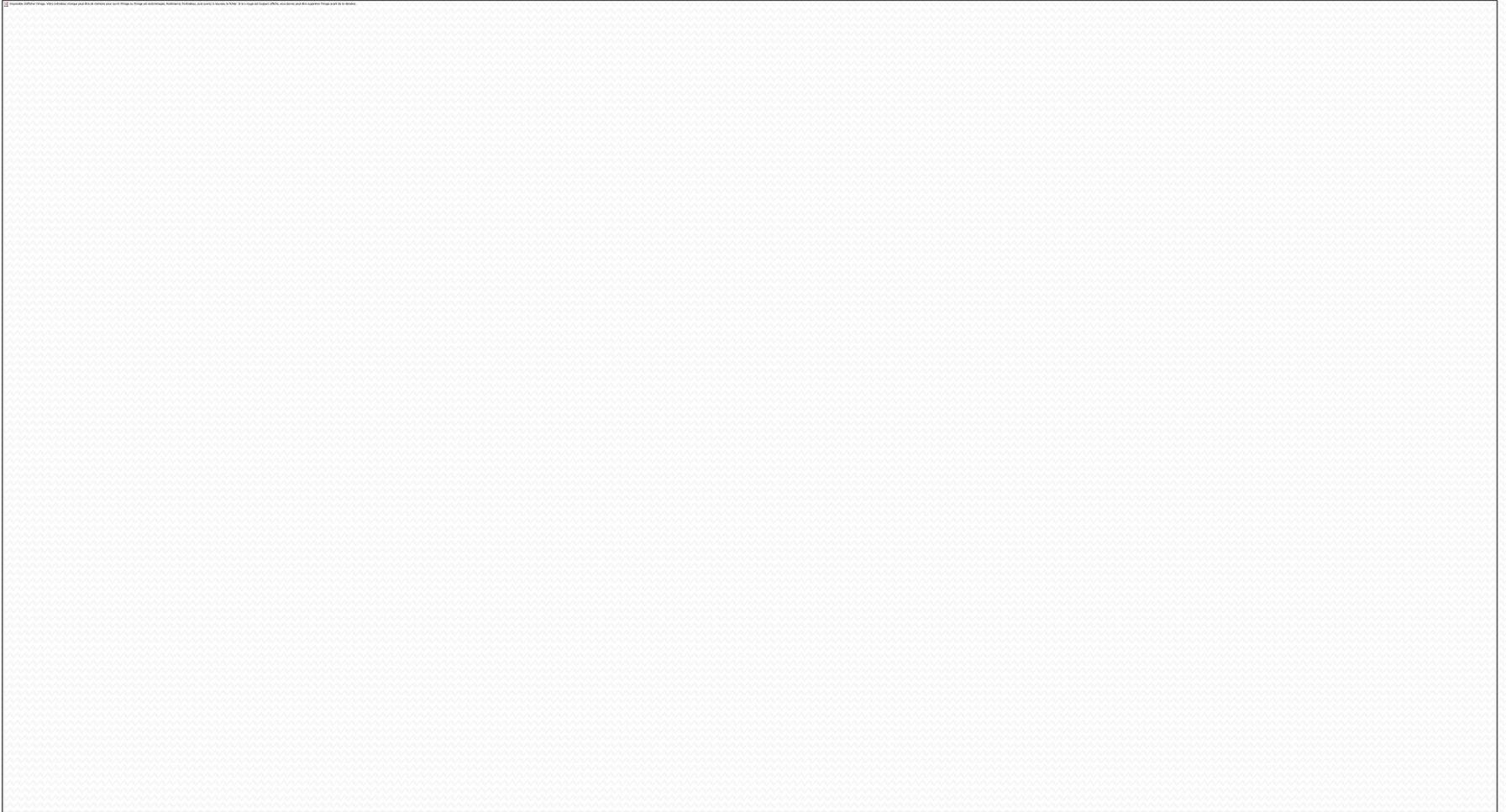


Reprise d'argile par roue pelle Bussac

Séchage et broyage

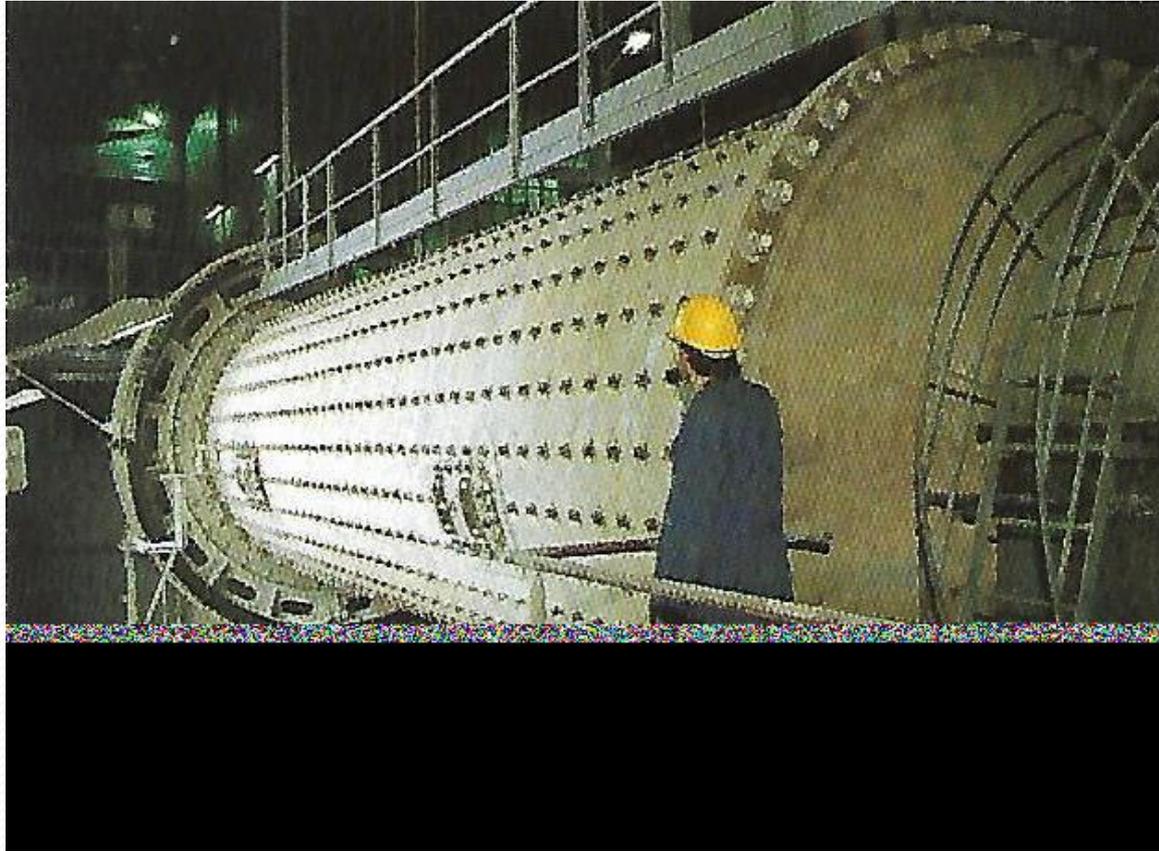
Reprise par roue pelle Beffes

Séchage et broyage



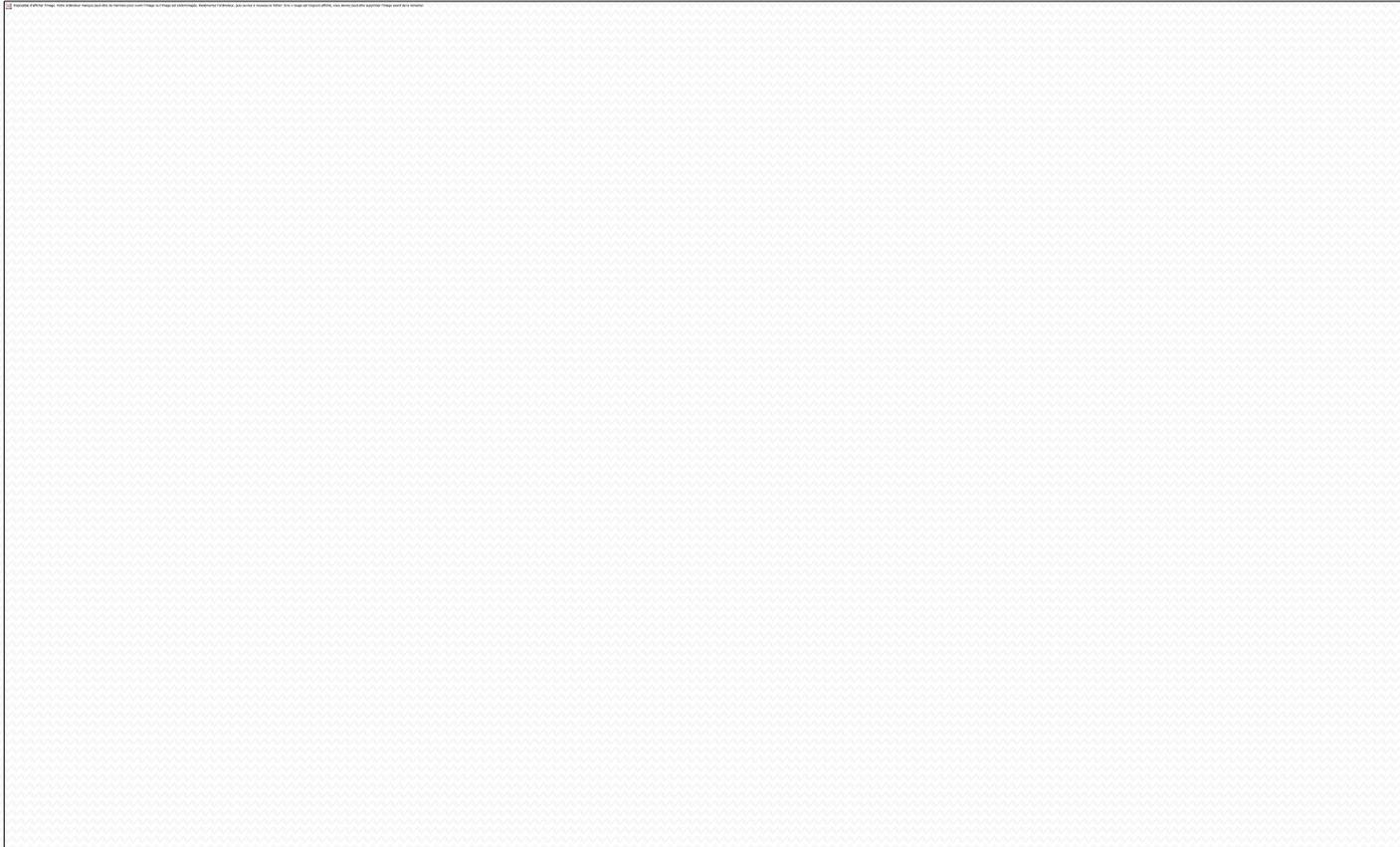
Broyeur à boulet Bussac

Séchage et broyage



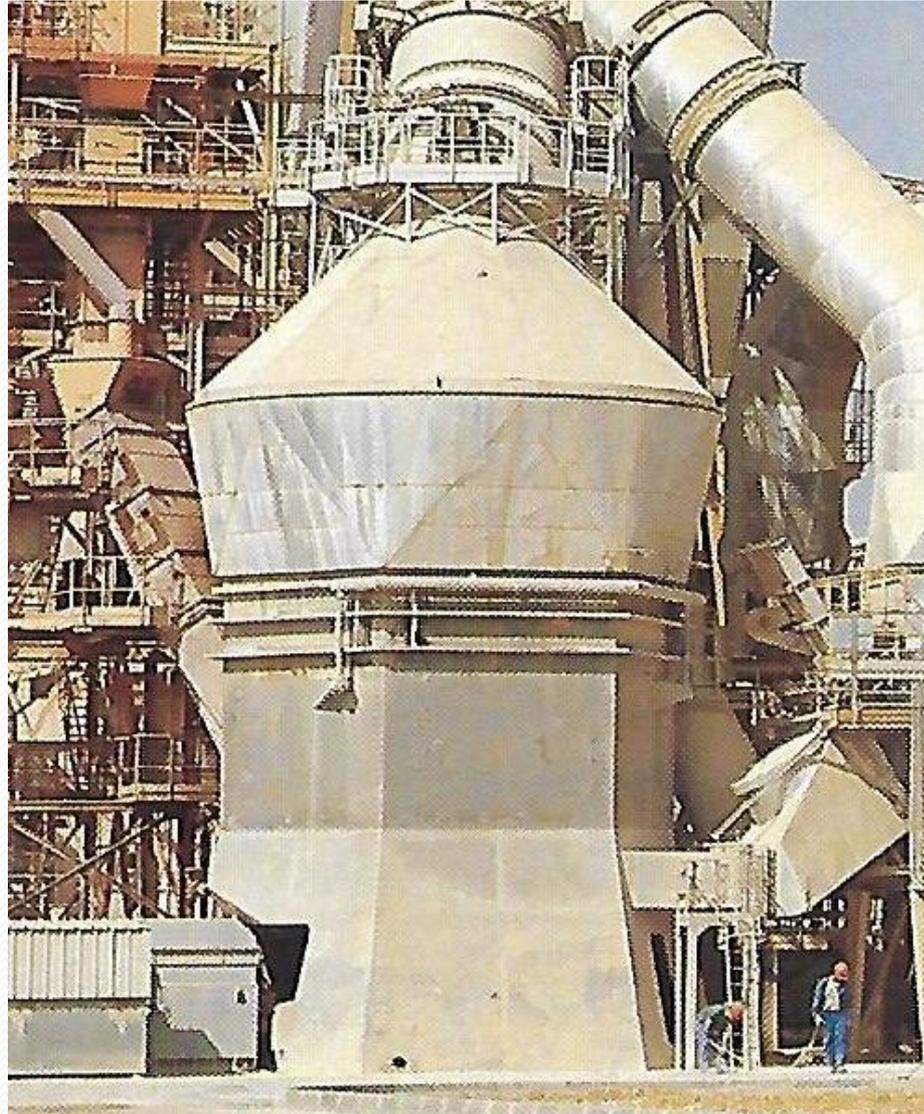
Broyeur à boulet Beffes

Séchage et broyage



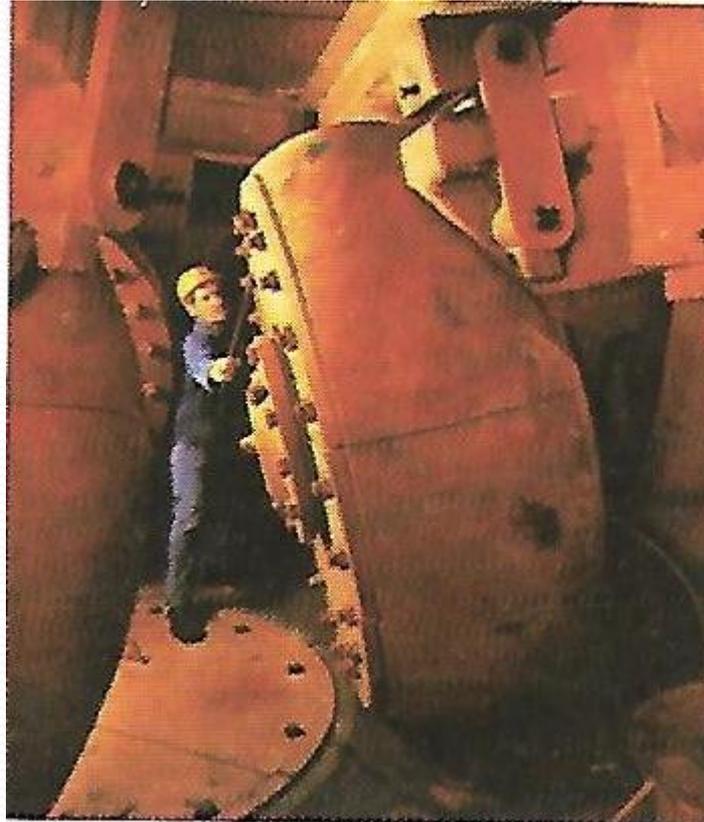
Intérieur d'un broyeur à boulet

Séchage et broyage



Broyeur à meule Beaucaire

Séchage et broyage

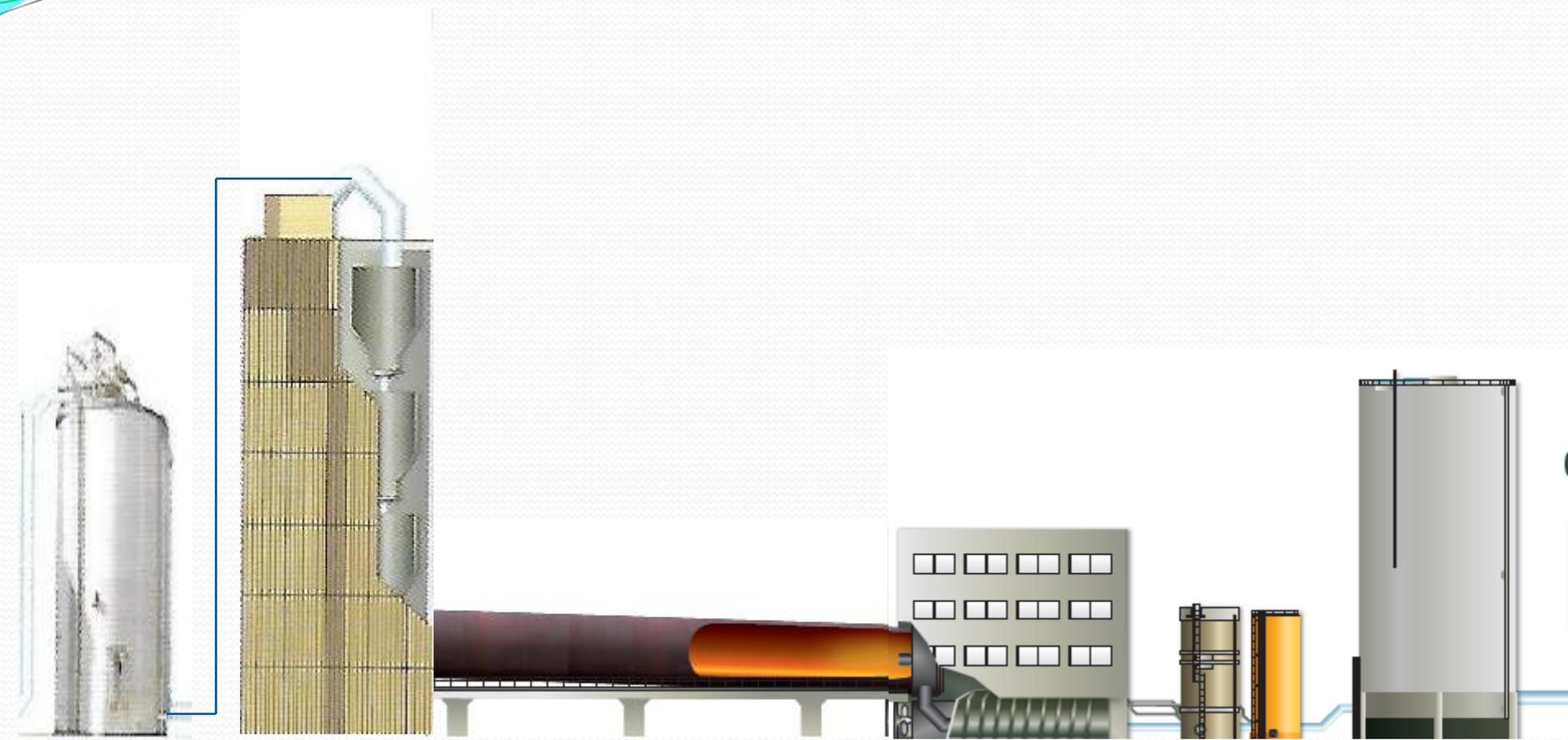


Intérieur du broyeur à meule de Beaucaire

Fabrication du ciment

1. Extraction et préparation des matières premières
2. Séchage et broyage des matières premières pour obtenir le **cru** (appelé communément **Farine**)
3. Cuisson de la farine pour obtenir du **clinker**
4. Broyage du clinker pour obtenir le **ciment**
5. Expéditions des ciments

Cuisson de la farine



Stockage du cru (farine)

Tour de Préchauffage

Cuisson

Refroidissement

Stockage du clinker

Cuisson de la farine



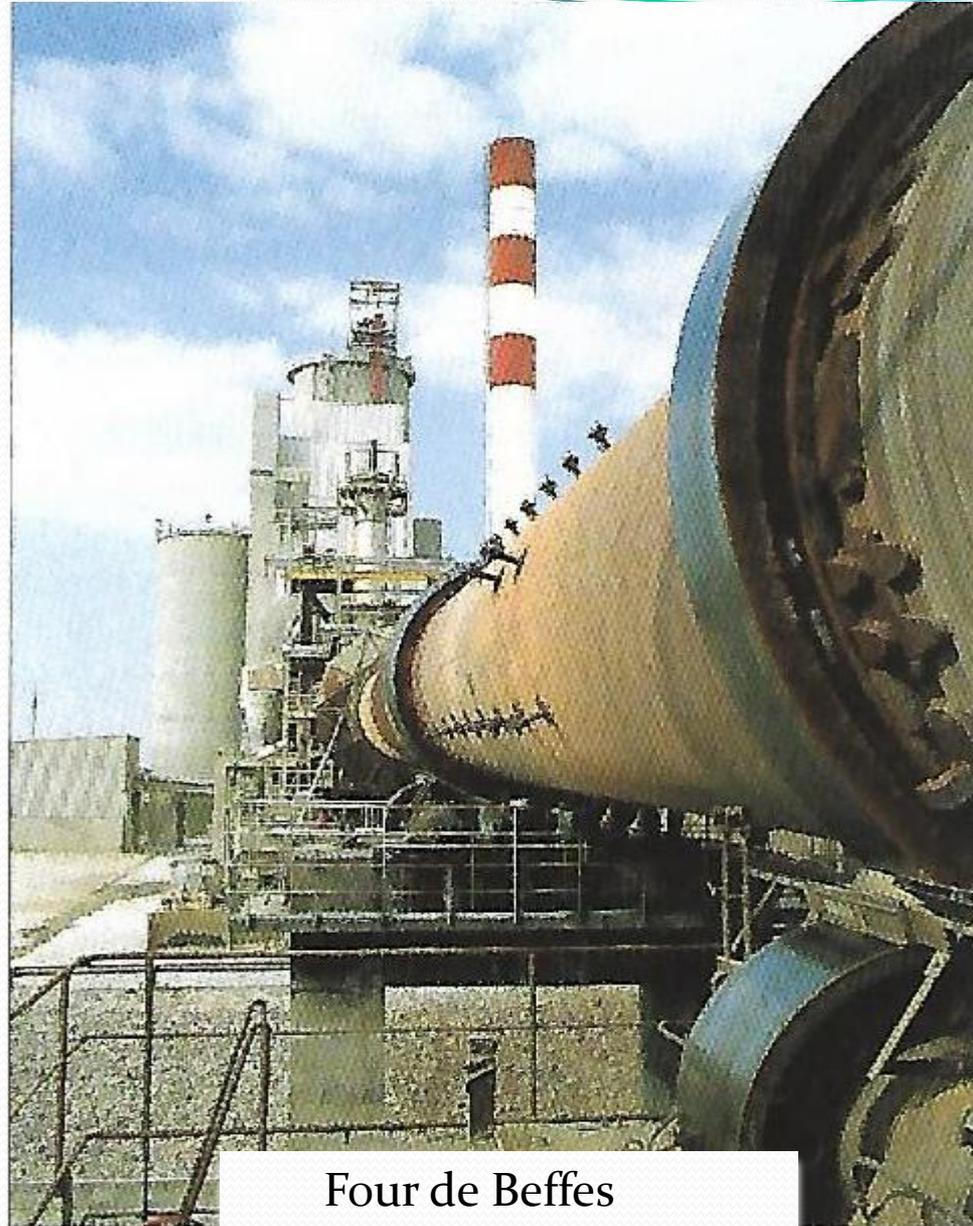
Four de Bussac

Cuisson de la farine



Grille Lepol de Beffes

Cuisson de la farine



Four de Beffes

Cuisson de la farine



Four de Beaucaire

Cuisson de la farine



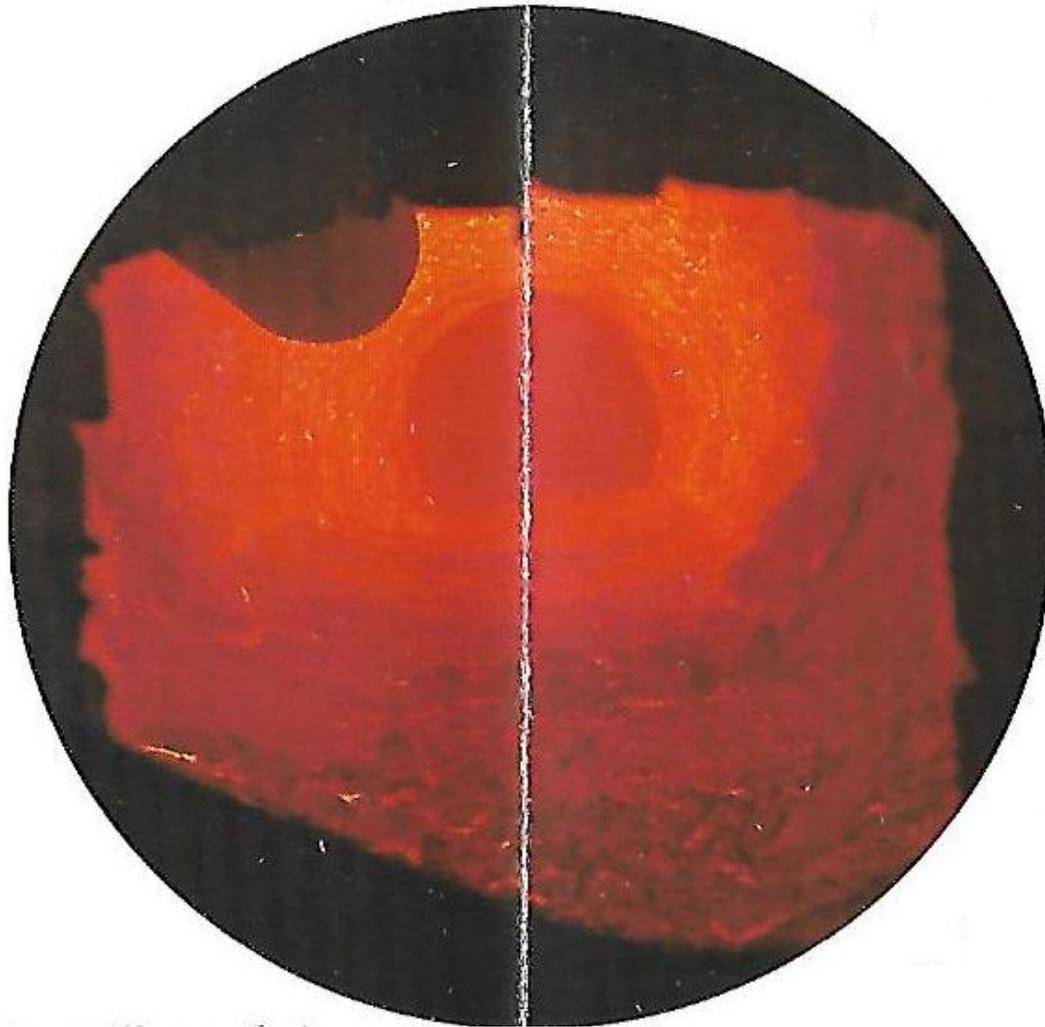
Vue sur la tour et le four de Beaucaire

Cuisson de la farine



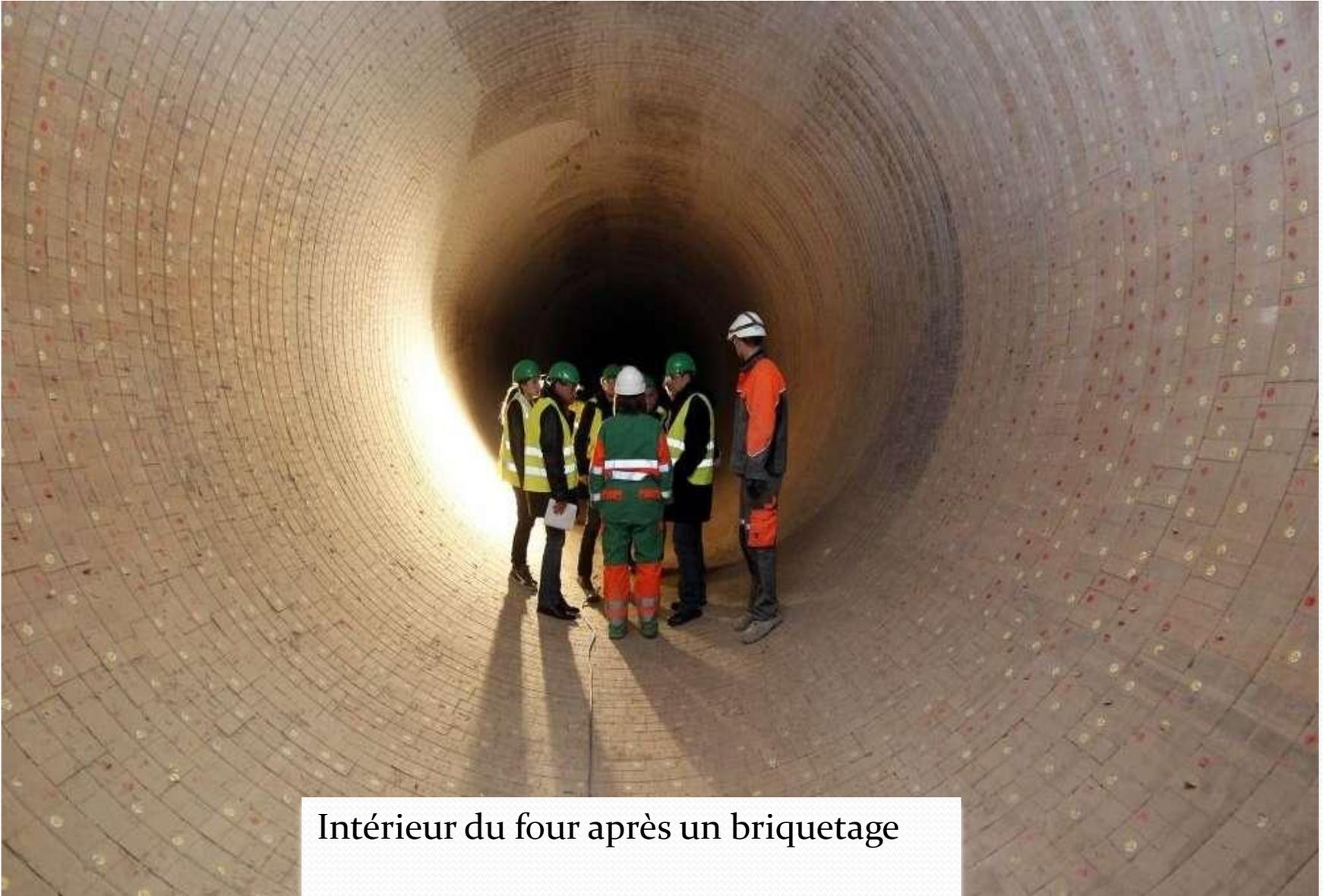
Intérieur du four en marche

Cuisson de la farine



Intérieur du four juste après un arrêt

Cuisson de la farine



Intérieur du four après un briquetage

Fabrication du ciment

1. Extraction et préparation des matières premières
2. Séchage et broyage des matières premières pour obtenir le **cru** (appelé communément **Farine**)
3. Cuisson de la farine pour obtenir du **clinker**
4. **Broyage du clinker pour obtenir le ciment**
5. Expéditions des ciments

Broyage du clinker

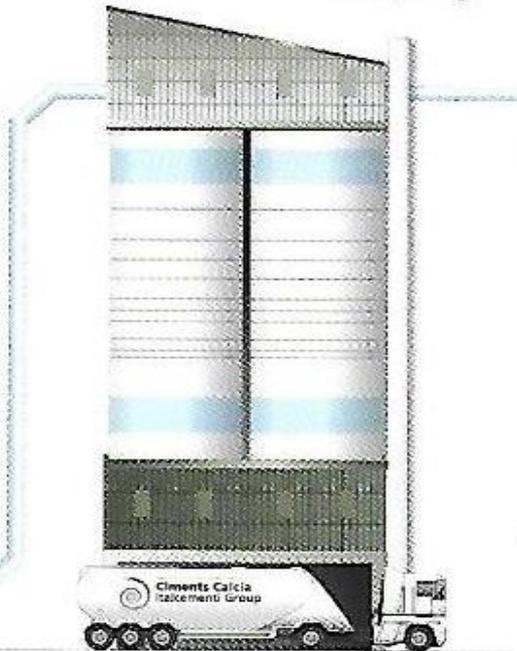
..... CLINKER CIMENT
75 % à 95 %



Ajouts 5 à 20%



GYPSE
5 %

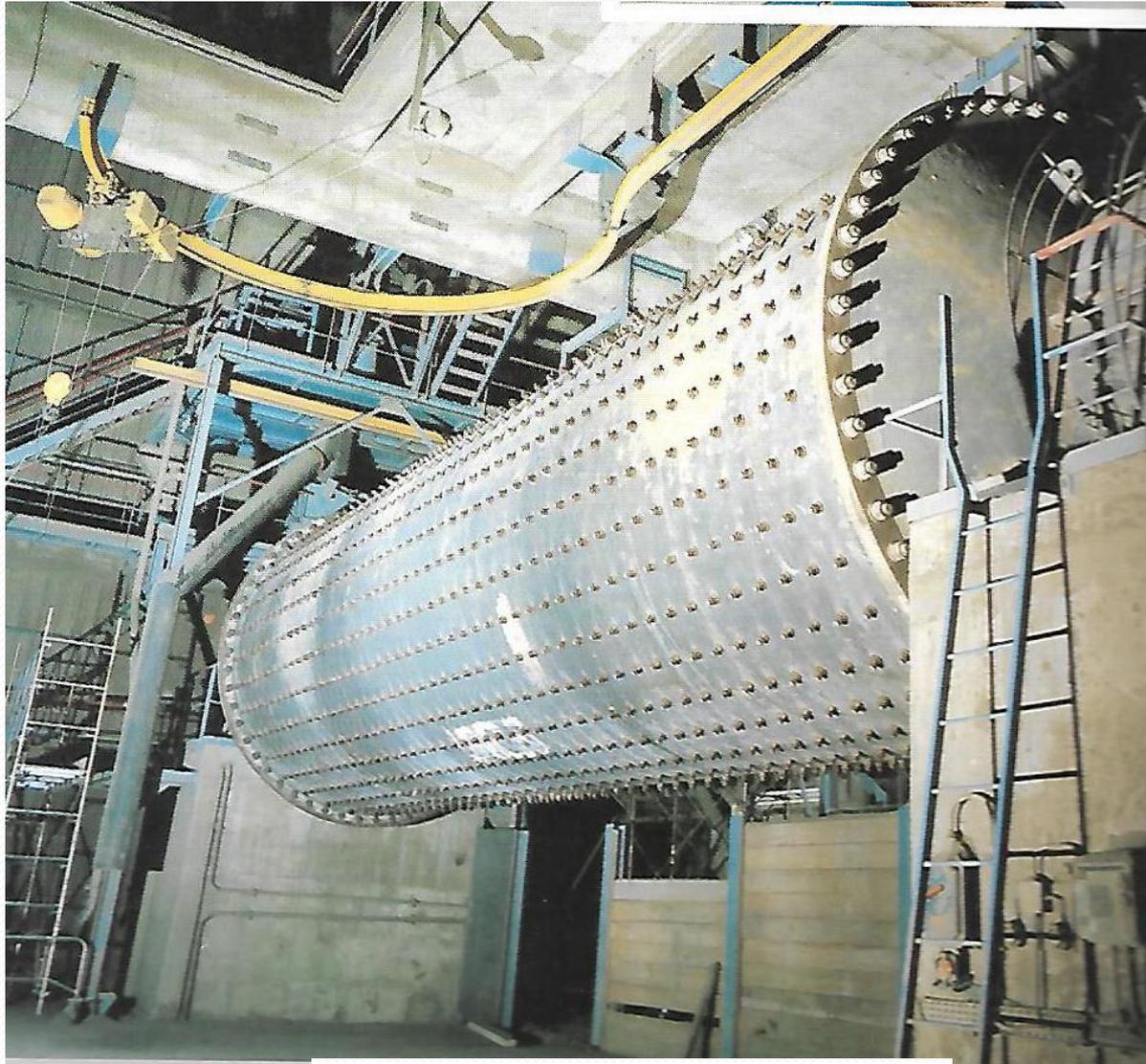


Stockage du clinker

Broyeur à ciment

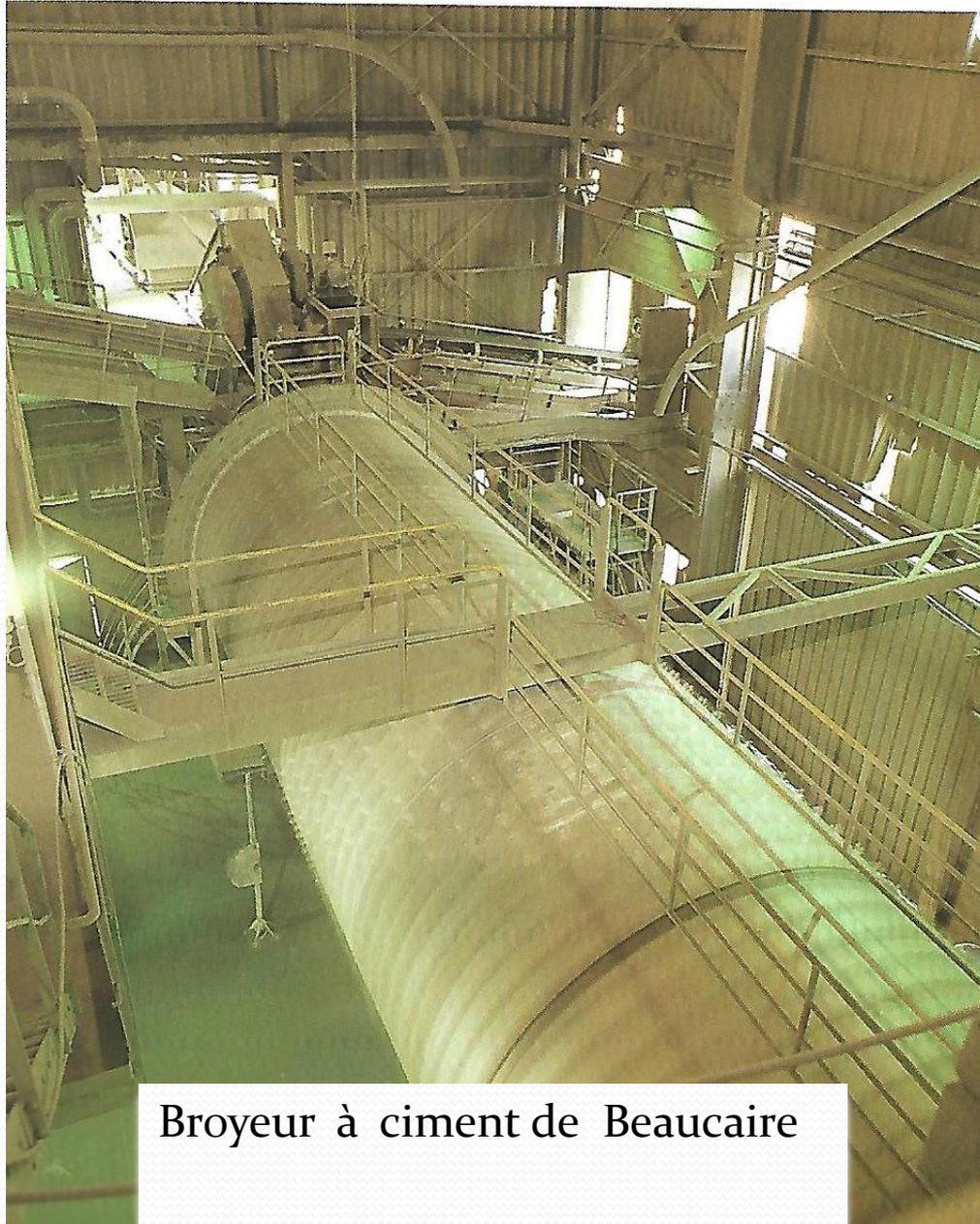
Stockage du ciment

Broyage du clinker



Broyeur à ciment de Beffes

Broyage du clinker



Broyeur à ciment de Beaucaire

Fabrication du ciment



Ancienne salle de contrôle de Bussac

Fabrication du ciment



Salle de contrôle de Beffes

Fabrication du ciment



Salle de contrôle de Beaucaire

Fabrication du ciment

1. Extraction et préparation des matières premières
2. Séchage et broyage des matières premières pour obtenir le **cru** (appelé communément **Farine**)
3. Cuisson de la farine pour obtenir du **clinker**
4. Broyage du clinker pour obtenir le **ciment**
5. Expéditions des ciments

Expéditions des ciments



Le stockage et les expéditions

Expéditions des ciments



Photo: Poux Victor

Ensachage

Expéditions des ciments



Ensachage à Beffes

Expéditions des ciments



Ensachage à Beaucaire

Expéditions des ciments



Hall d'ensachage de Beaucaire

Expéditions des ciments



Photo: Poux Victor

Expéditions de ciment par camions

Expéditions des ciments

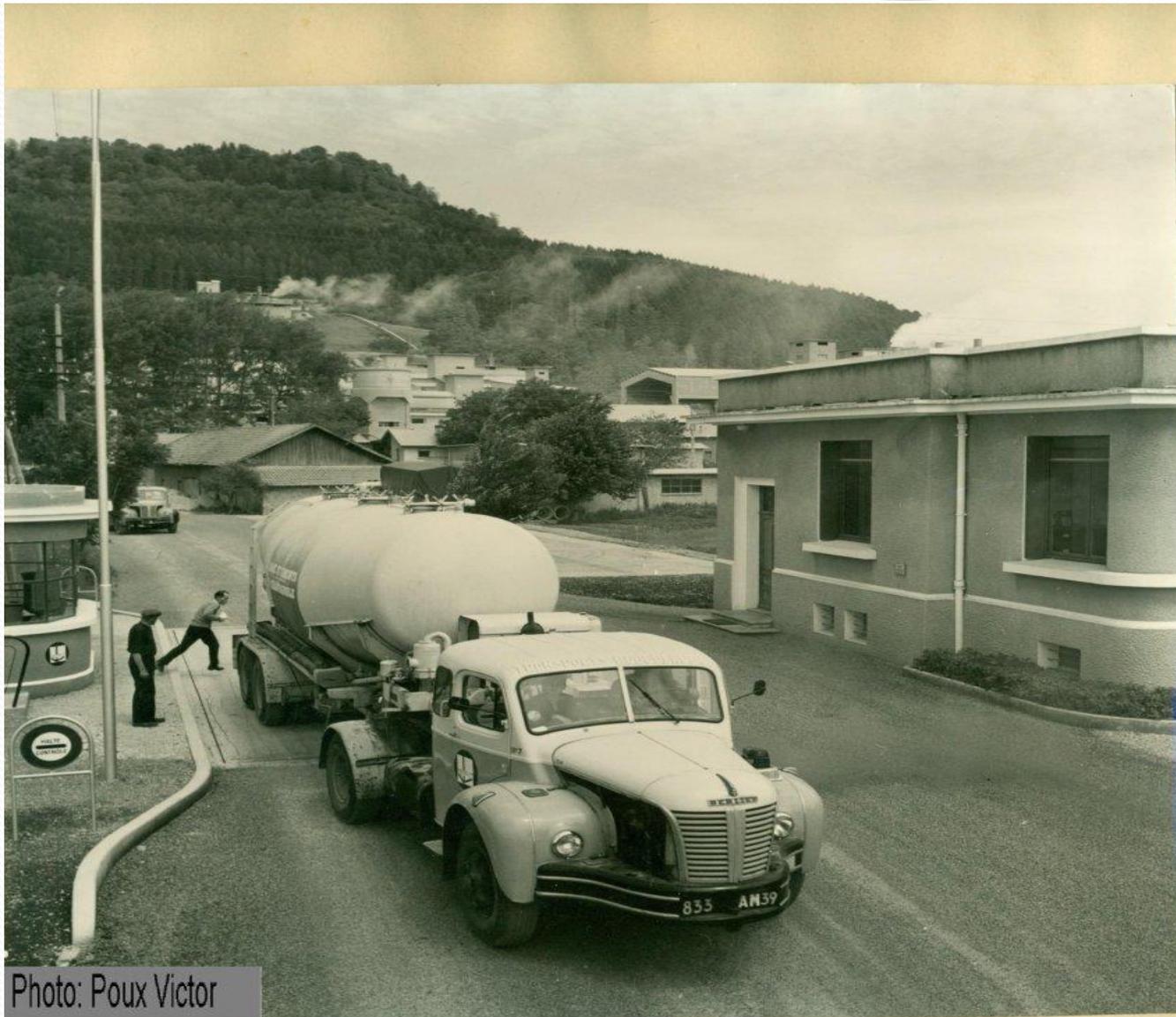


Photo: Poux Victor

Expéditions de ciment par camions

Expéditions des ciments



Expéditions des ciments



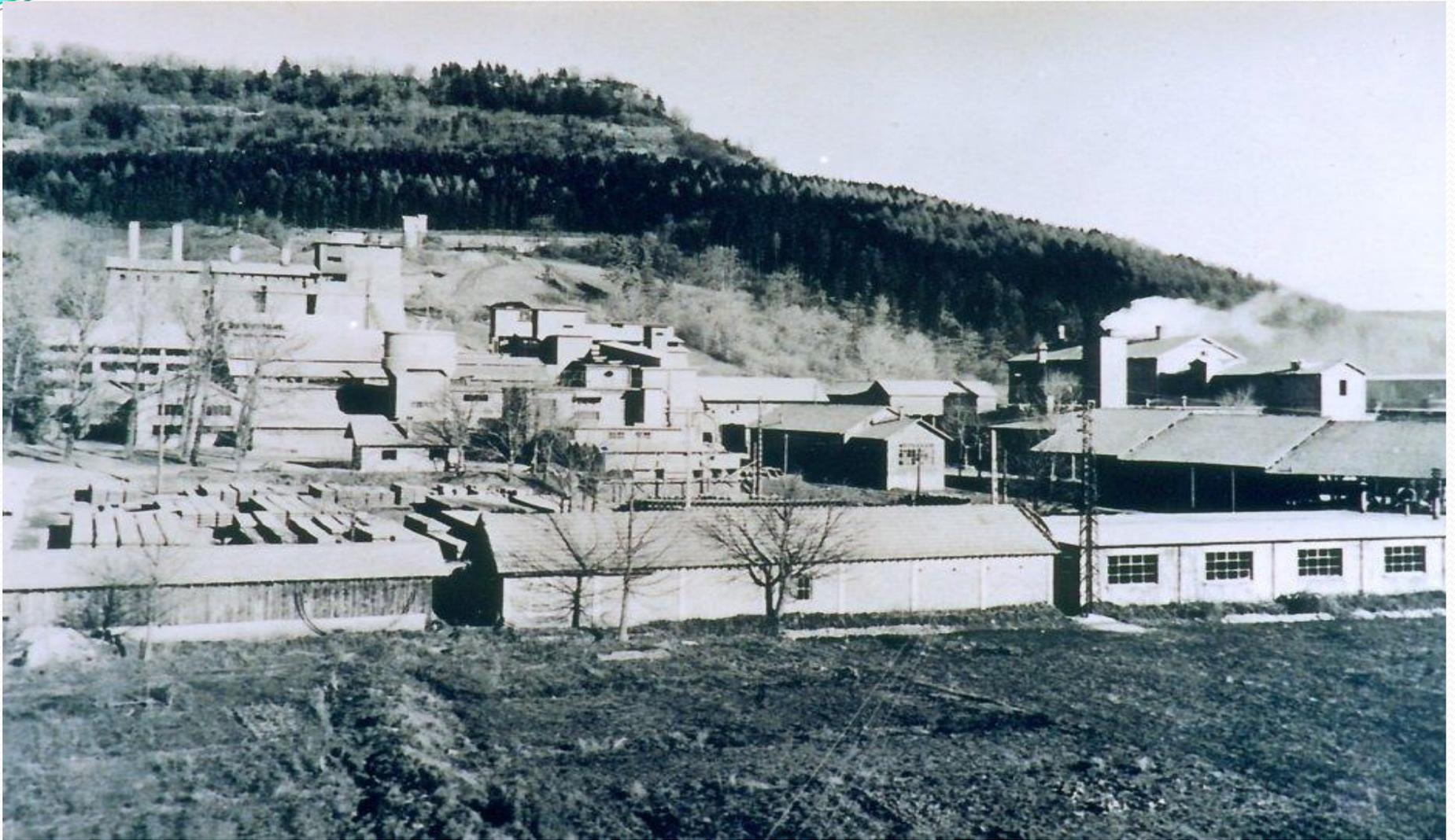
Expéditions des ciments



Fabrication du ciment

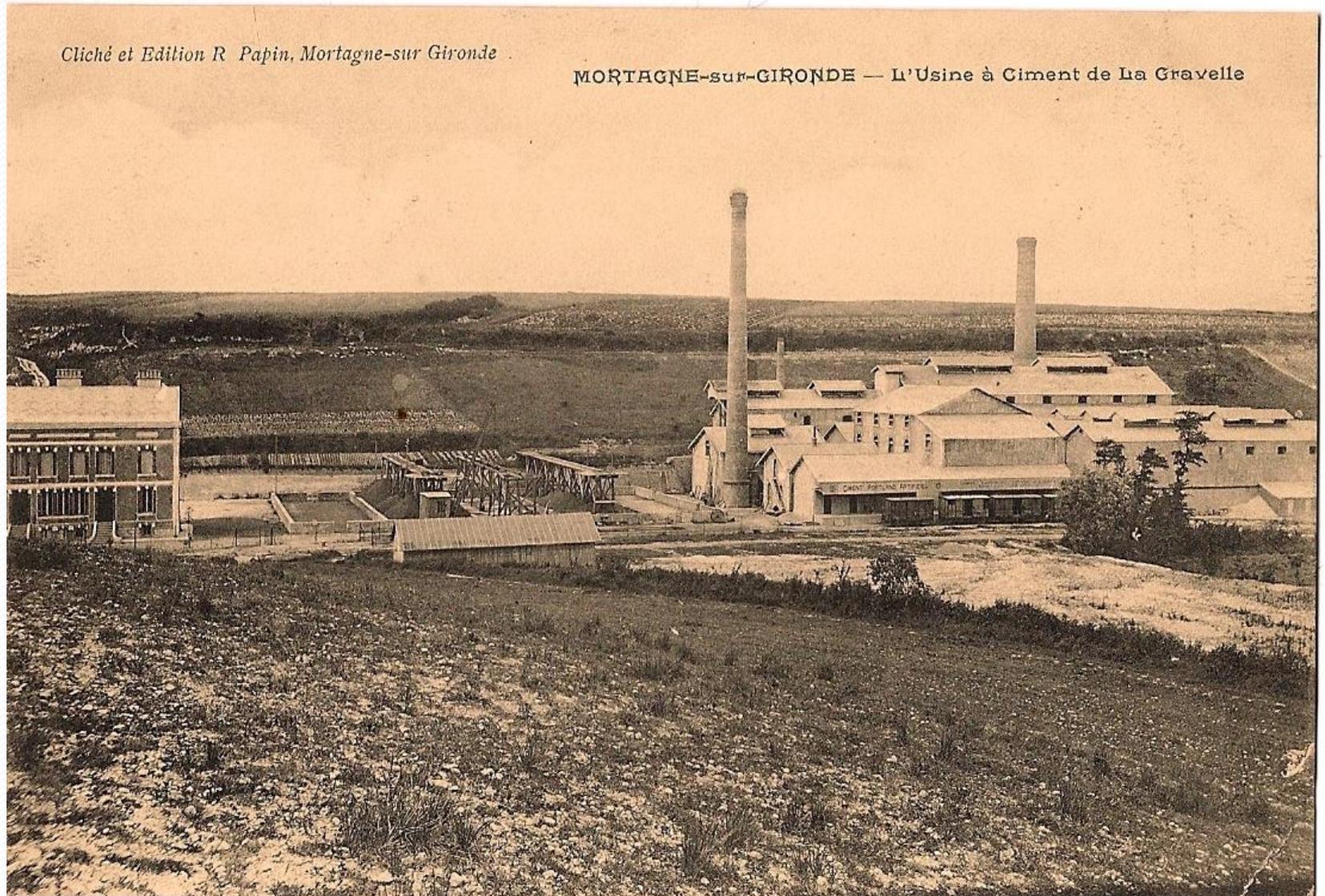
Photos de quelques cimenteries

Fabrication du ciment

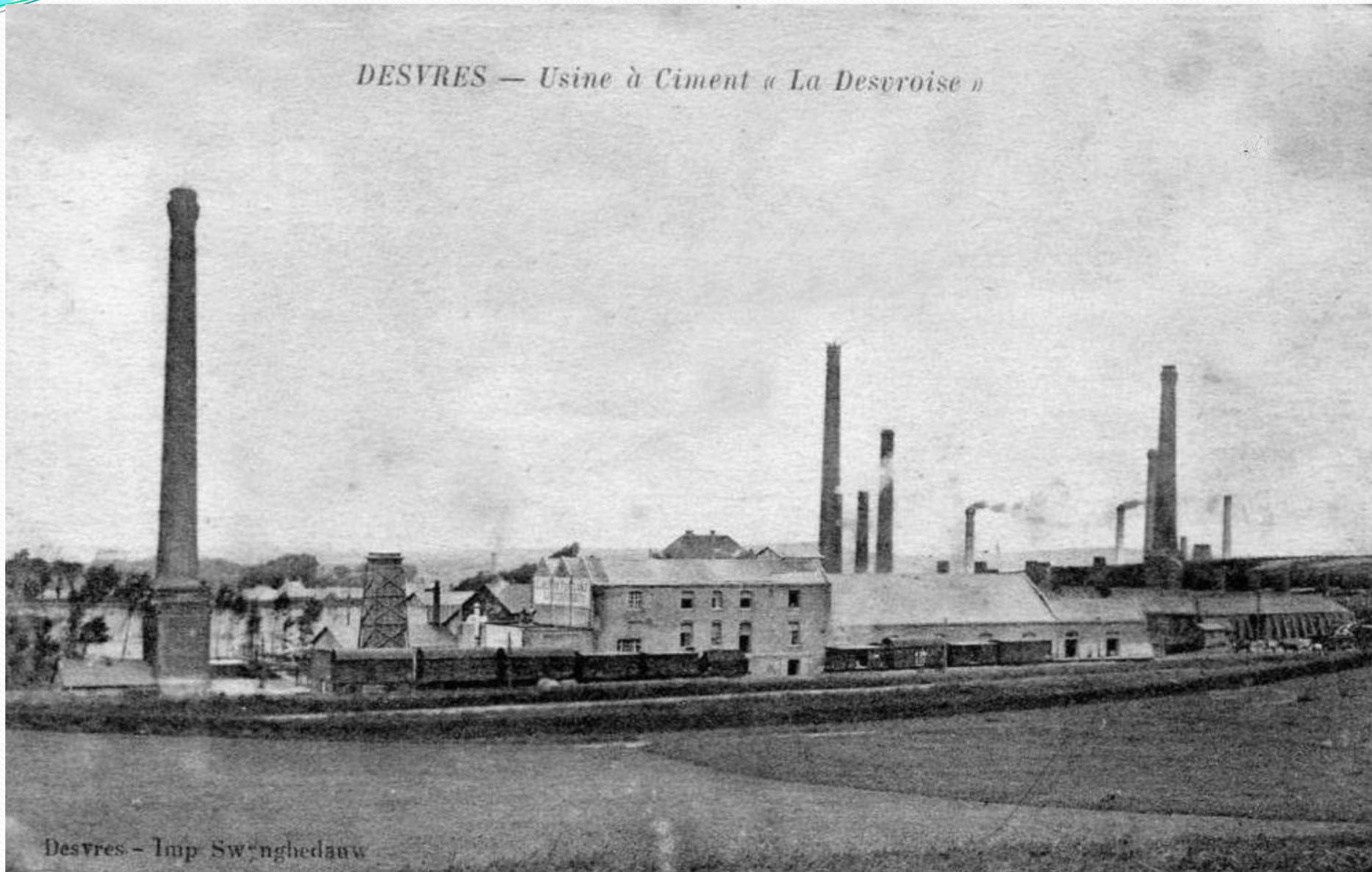


Usine de Champagnole (Jura)

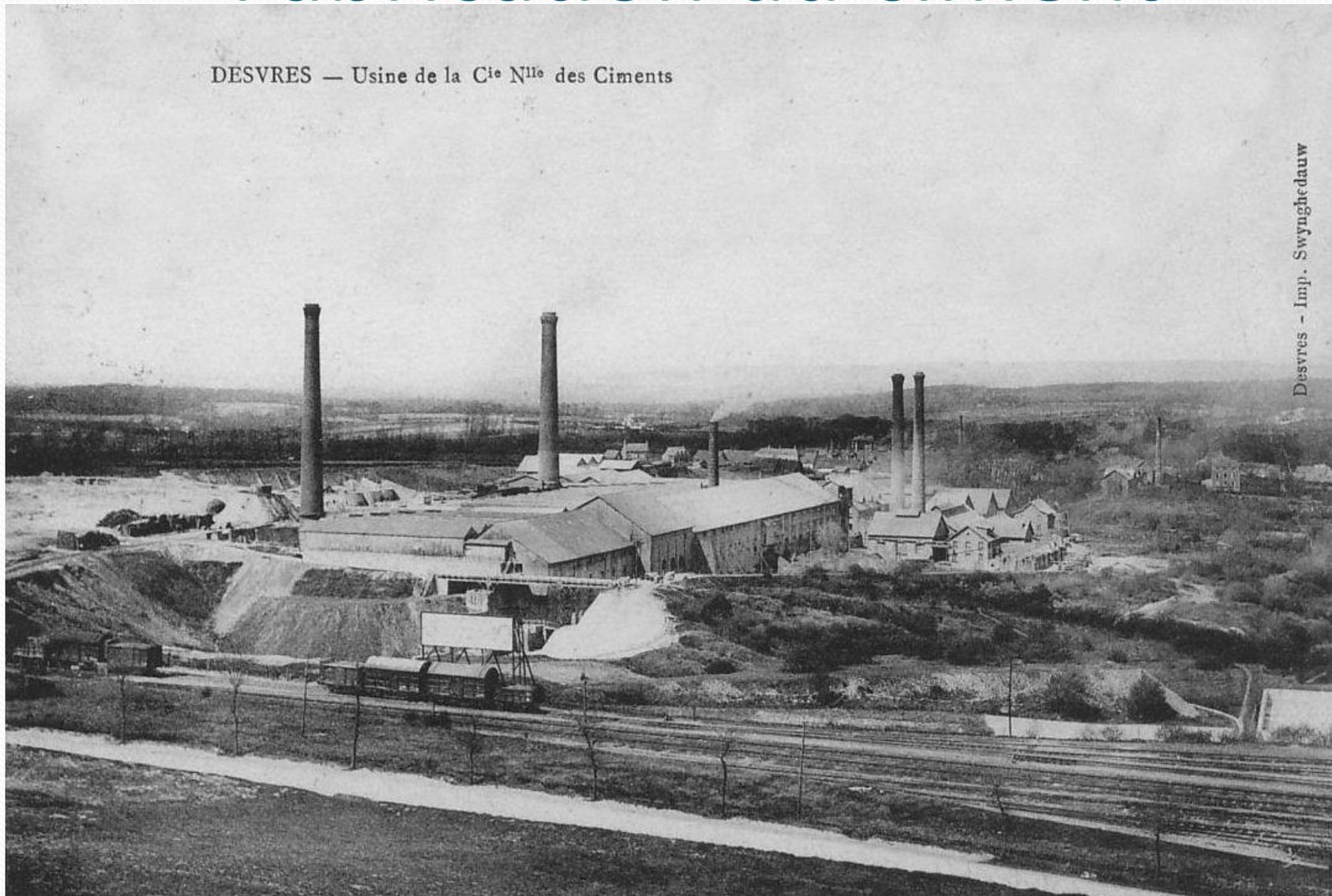
Fabrication du ciment



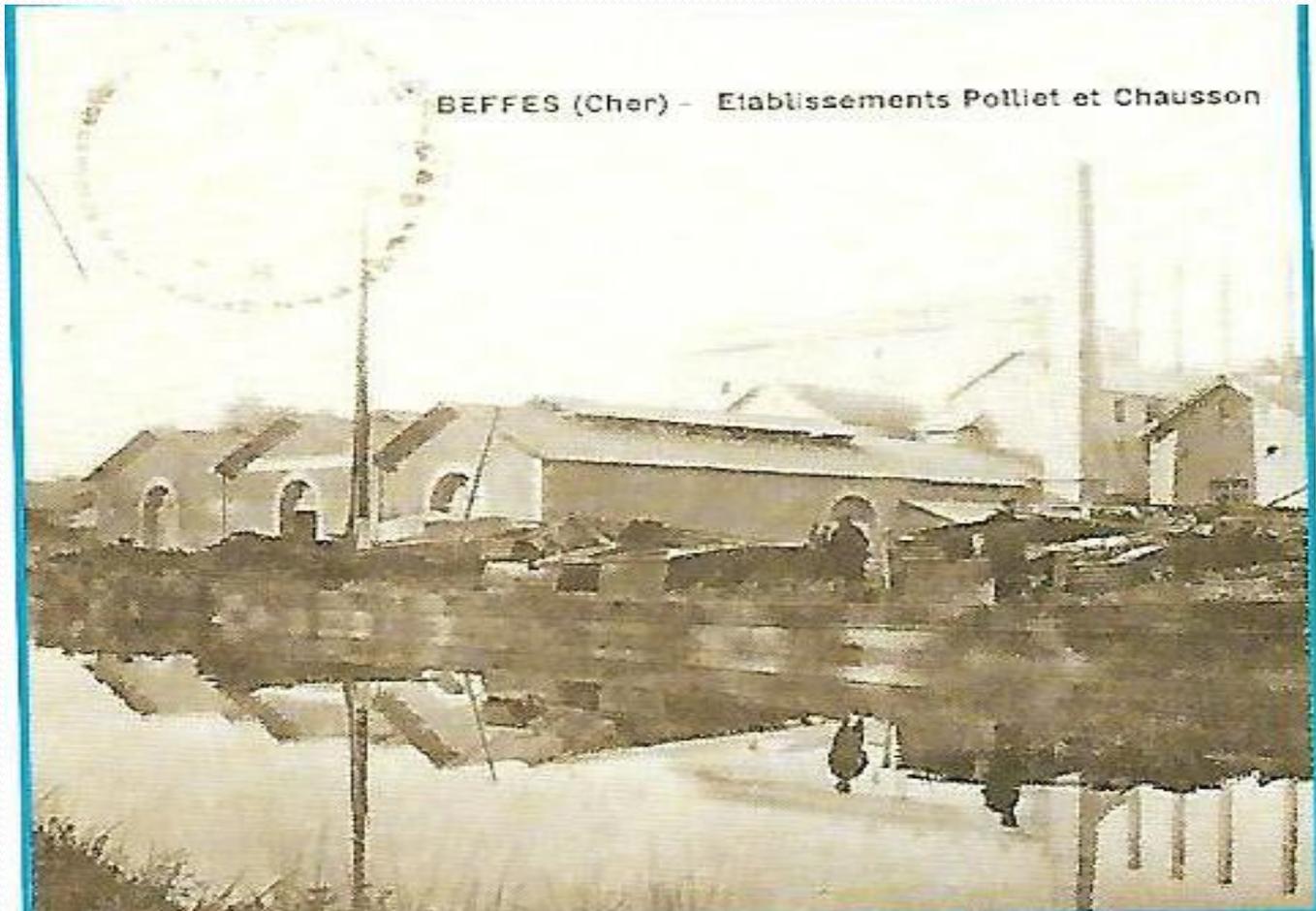
Fabrication du ciment



Fabrication du ciment



Fabrication du ciment



Beffes début du siècle

Fabrication du ciment

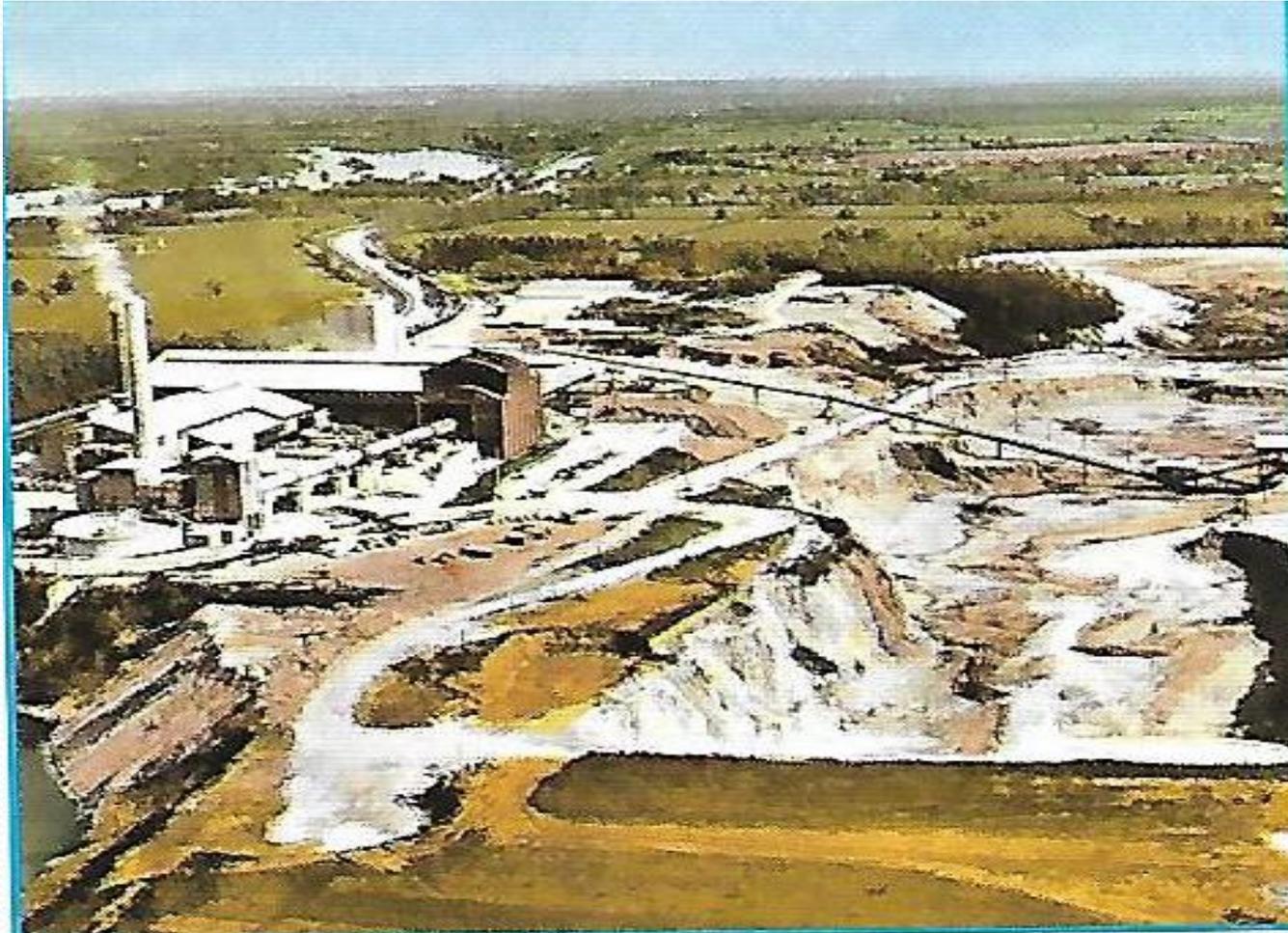


Photo aérienne Beffes 1962

Fabrication du ciment

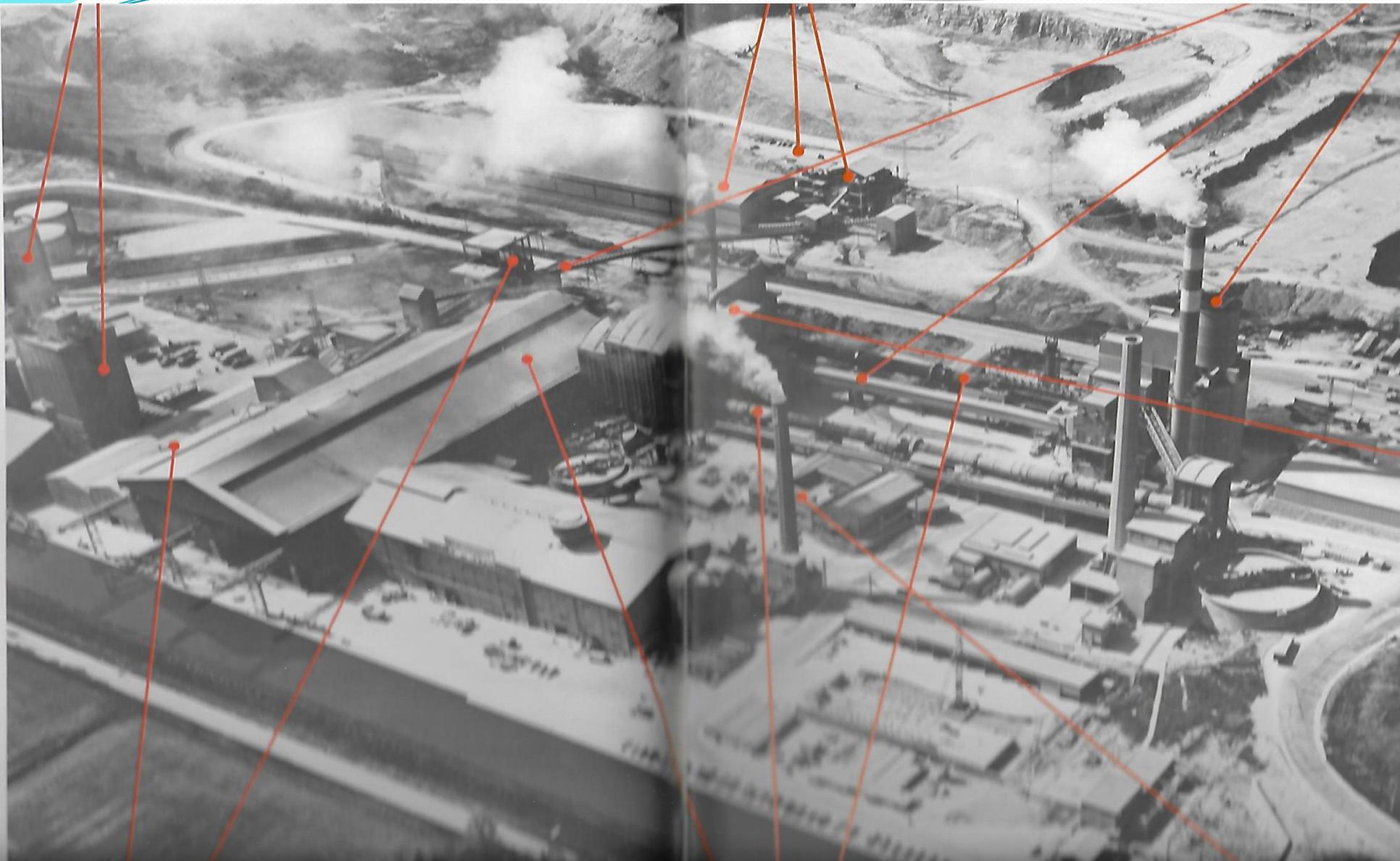


Photo aérienne Beffes 1976

Fabrication du ciment



Photo aérienne Beffes 1987

Fabrication du ciment



Usine de Beaucaire 1978

Fabrication du ciment



Usine de Beaucaire 2007

UTILISATION DU CIMENT

Utilisation du ciment

- Ciments Portland (CEM I)
contiennent uniquement du clinker et
du gypse

Les CEM I conviennent pour le béton armé ou le **béton précontraint**, là où une résistance élevée est recherchée ainsi qu'un **décoffrage** rapide.

Utilisation du ciment

- Ciments Portland composés (CEM II) contiennent du clinker, du gypse et des ajouts (calcaire, laitier, pouzzolane, cendres volantes etc....)

Les CEM II sont adaptés pour le béton armé en général, coulé sur place ou préfabriqué, ainsi que pour les travaux courants de maçonnerie

Utilisation du ciment

- **Ciments CEM III**
contiennent du laitier de haut fourneau , du clinker et du gypse

Les CEM III sont bien adaptés aux travaux hydrauliques souterrains, aux fondations, aux travaux en milieu agressif, aux travaux à la mer, aux bétons de masse et généralement à tous travaux massifs

Utilisation du ciment

Le ciment n'est jamais utilisé seul.

Il n'est rien d'autre qu'un liant qui intervient dans de nombreuses recettes avec d'autres composants

Il est utilisé pour faire soit:

- Du mortier
- Du béton

Utilisation du ciment

Le **mortier** est un mélange homogène de sable et de ciment que l'on combine avec une certaine quantité d'eau et auquel des adjuvants peuvent être rajoutés.

On ne l'utilise que :

Pour des enduits ;

Pour faire de la colle (pour monter des briques, des parpaings ou pour coller du carrelage, du parement, etc.) .

Pour sceller des éléments .

Pour créer des chapes .

- **Le BETON**

Ciment + granulats + adjuvants + eau



= béton



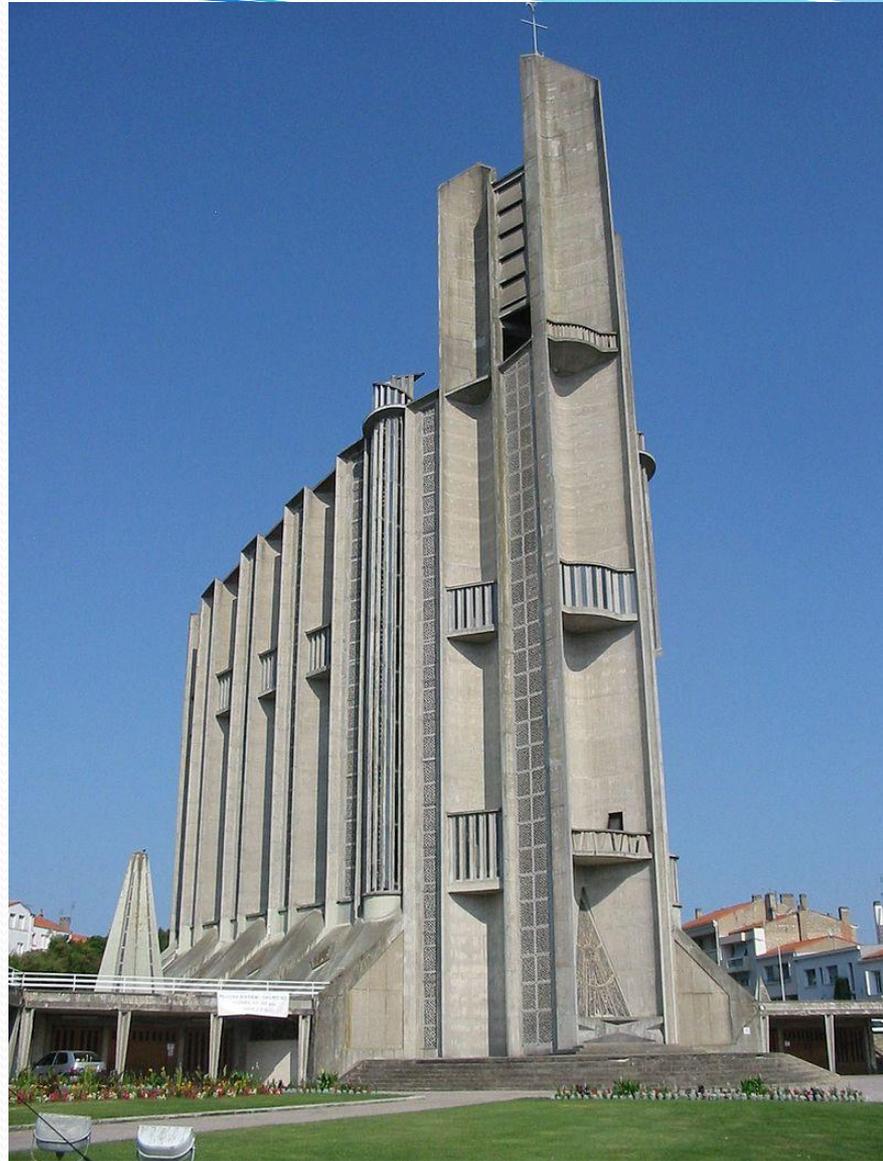
Utilisation du ciment

Le BETON

A la fois économique et facilement manipulable, le béton répond à de nombreux critères de performance.

C'est un matériau omniprésent aujourd'hui, tant dans le monde de la construction que dans d'autres domaines tels que l'art.

Utilisation du ciment



Cathédrale de Royan

Utilisation du ciment



Pont de l'île de Ré

Utilisation du ciment



Viaduc de Millau

Utilisation du ciment



la Forêt, une sculpture de Pedro Cabrita Reis au mucem

Utilisation du ciment



Mucem à Marseille

Utilisation du ciment



Statues en ciment

Utilisation du ciment



Sculpture de Fabrice Davenne

Utilisation du ciment



Création et réalisation : Michel Wohlfahrt



Bon Après midi

Utilisation du ciment